ISSN 0181-1576

CRYPTOGAMIE

BRYOLOGIE LICHENOLOGIE

TOME 1 Fascicule 1. 1980



LABORATOIRE DE CRYPTOGAMIE
MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
12 RUE DE BUFFON, 75005 PARIS

PUBLICATION TRIMESTRIELLE SUBVENTIONNÉE PAR LE CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

CRYPTOGAMIE
BRYOLOGIE-LICHÉNOLOGIE

ANCIENNE REVUE BRYOLOGIQUE ET LICHÉNOLOGIQUE
Fondée par T. HUSNOT en 1874
Directeur : Mme S. JOVET-AST
Rédaction : Mme H. BISCHLER
Éditeur : A.D.A.C.

ABONNEMENTS ANNUELS

Prix de l'abonnement 1980 : France . . . . 160 F
Étranger. . . . . 190 F

Prière de bien vouloir envoyer le montant par chèque bancaire ou par chèque postal libellé à l'ordre de : CRYPTOGAMIE Bryologie et Lichénologie, et adressé à :

CRYPTOGAMIE Bryologie et Lichénologie
Laboratoire de Cryptogamie
12, rue de Buffon, 75005 Paris.

C.C.P. n° 4.481 - 43.

CRYPTOGAMIE

BRYOLOGIE
LICHÉNOLOGIE

1980 TOME I Fascicule 1

MANUSCRITS

Les auteurs sont priés d'adresser leurs manuscrits à la Rédaction de CRYPTOGAMIE Bryologie et Lichénologie, Laboratoire de Cryptogamie, 12 rue de Buffon, 75005 Paris.

Les tirages à part sont à la charge des auteurs

Ouvrage publié avec le concours du Centre National de la Recherche Scientifique



Étude de la répartition du calcium, potassium, magnésium et phosphore dans les différentes couches anatomiques de dix lichens par analyse directe à la microsonde électronique

J. ASTA* et J.P. GARREC**

RÉSUMÉ. - La localisation du Ca, K, Mg et P a été étudiée à l'aide de la microsonde électronique dans les différentes couches anatomiques de dix espèces de Lichens foliacés et fruticuleux. Dans les tissus mycéliens, les hyphes à parois épaisses apparaissent les plus riches en Ca alors que la médulle est pauvre en tous éléments minéraux. La couche gonidiale se distingue par l'abondance de K et la présence de Mg et P.

SUMMARY. - Studies on the localisation of Ca, K, Mg and P have been performed using an electron-microprobe in the different anatomical tissues of ten foliose and fructicose lichens. In fungal tissues, the hyphae with thick wall are the richest in Ca while the medulla tissue is poor in all mineral elements. The algal layer shows abundant K and the presence of Mg and P.

Key-words : Electron-microprobe. Microanalysis. Mineral elements. Lichens.

INTRODUCTION

Une étude écologique des lichens de milieu montagnard et en particulier l'examen des relations entre les teneurs en éléments minéraux des espèces lichéniques et du substrat correspondant nous ont amenés à effectuer de nombreux dosages des éléments minéraux dans les lichens (ASTA, travail en cours).

* Laboratoire de Biologie Végétale, Domaine Universitaire de Saint-Martin d'Hères, B.P. 53X, 38041 Grenoble Cédex.

** Laboratoire de Biologie Végétale du Département de Recherche Fondamentale, Centre d'Études Nucléaires 85X, 38041 Grenoble Cédex.

Cryptog., Bryol. Lichénol., 1980, 1, 1 : 3-20.

Pour compléter les résultats obtenus, il nous a semblé intéressant de rechercher la localisation de ces éléments à l'intérieur même des lichens étudiés.

L'absorption et l'accumulation des éléments minéraux chez les lichens ont fait l'objet d'études diverses mais les processus exacts restent encore peu connus (BROWN 1976, BROWN & SLINGSBY 1972, DUVIGNEAUD 1949, PUCKETT, NIEBOER, GORZYNSKI & RICHARDSON 1973, TUOMINEN & JAAKKOLA 1973).

Par ailleurs, quelques travaux seulement ont abordé le problème de la répartition des éléments minéraux entre l'algue et le champignon (SALOMON 1914). Plus récemment, NOESKE et coll. (1970) ont localisé par microsonde le fer et le zinc dans le thalle d'*Acarospora smaragdula* (Wahlenb.) Th. Fr., LAWREY (1977) a pu déceler de même la présence de fer à l'intérieur des cellules d'algues de *Cladonia cristatella* Tuck. Par la même méthode, GARTY, GALUN & KESSEL (1979) ont localisé des particules de métaux lourds chez *Caloplaca aurantia* (Pers.) Hellb.

Dans le présent travail nous nous sommes intéressés à la localisation histologique des quatre éléments connus pour jouer un rôle primordial dans la nutrition minérale des végétaux (Ca, K, Mg et P) à l'intérieur des thalles des dix espèces de lichens foliacés ou fruticuleux, faisant parallèlement l'objet d'étude de leur composition minérale.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Dix espèces licheniques ont été choisies pour leur morphologie, leur structure anatomique (OZENDA 1963) et leurs biotopes différents (tab. 1) : *Cladonia elongata* (Jacq.) Hoffm., *Cl. rangiferina* (L.) Web., *Cetraria islandica* (L.) Ach., *C. nivalis* (L.) Ach., *C. cucullata* (Bell.) Ach., *Alectoria ochroleuca* (Hoffm.) Massal., *Stereocaulon alpinum* Laur., *Thamnolia vermicularis* (Sw.) Schaer. em. Asahina, *Peltigera aphthosa* (L.) Willd. et *Parmelia furfuracea* (L.) Ach. Ces espèces ont été récoltées en août 1977 dans les Alpes françaises où elles sont très communes.

Aussitôt après leur prélèvement, les échantillons sont rapidement congelés dans de l'azote liquide. Afin de maintenir en place les ions diffusibles dans les différents tissus, nous avons utilisé la méthode suivante, inspirée de INGRAM & INGRAM (1975). Au moyen d'un lyophilisateur équipé d'un dispositif permettant l'inclusion en résine sous vide (lyophilisateur VIRTIS, modèle 10-010DR) les échantillons sont lyophilisés deux jours à $-45°C$, puis deux jours à $+14°C$. Ils sont alors inclus sous vide dans le milieu d'inclusion de SPURR (à faible viscosité) (SPURR 1969) pendant deux jours à $+4°C$. Cette opération est suivie d'une polymérisation de la résine à $+70°$ pendant 24 heures.

Des coupes de 30 à 50 μm sont ensuite effectuées dans les blocs obtenus et montées sur des supports en plastique et métallisés. Elles sont alors analysées à la microsonde électronique CAMEBAX (Établissements CAMECA) équipée

pour l'analyse des rayons X par dispersion en longueur d'onde. Le courant du faisceau d'électrons est de 100 nA pour un diamètre de 1 μ et la tension d'accélération est de 10 kv.

Pour chaque zone de l'échantillon étudié, l'appareil nous permet d'obtenir successivement une image en balayage de cette zone servant au repérage précis des différents tissus et une image du rayonnement X d'un élément donné. Les images X obtenues à partir des coupes transversales de thalles nous renseignent sur la localisation mais également sur la richesse relative d'un élément dans les différents tissus. Cependant, afin de se rendre compte plus précisément de la plus ou moins grande abondance des éléments, nous avons cherché leur répartition le long d'une traversée. Ainsi, sur certaines images X (fig. 6 à 8) sont superposées la matérialisation de la traversée (ligne droite), la courbe de variations de la teneur en un élément (courbe II) et la courbe donnant les fluctuations du bruit de fond (courbe I). Il faut remarquer que la courbe I nous renseigne sur les variations dues à la densité de matière le long de la traversée : ainsi, les cortex, tissus para- ou prosoplectenchymateux à cellules jointives, entraînent un bruit de fond plus fort que la médulle arachnoïde constituée d'hyphes lâches. Par conséquent, la quantité réelle de l'élément détecté est donnée par la différence entre les courbes II et I.

A partir de l'examen microscopique précis des coupes et de l'image en balayage obtenue, nous avons effectué, pour chaque lichen une représentation schématique de la structure anatomique, au même grossissement.

RÉSULTATS

Les photographies présentées ici ont été choisies parmi les plus représentatives des nombreuses observations obtenues dans les dix espèces lichéniques.

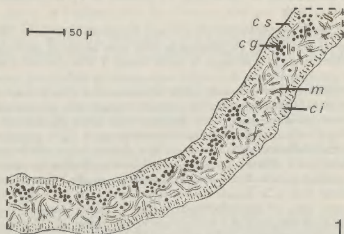
1) Nous pouvons prendre comme exemple l'étude de *Cetraria cucullata* dont les images X du Ca, K et Mg montrant la localisation de ces éléments dans une coupe transversale de thalle sont reportées dans les figures 1 à 4 (grossissement 100) et 5 à 8 (grossissement 200).

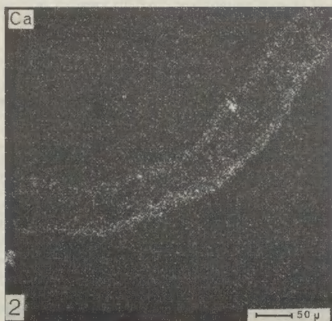
Le calcium (fig. 2 et 6) apparaît abondant dans les cortex, par contre il se présente à l'état de traces dans la couche gonidiale et dans la zone médullaire.

Le potassium (fig. 3 et 7) et le magnésium (fig. 4 et 8) sont abondants au niveau de la couche gonidiale et permettent de bien délimiter cette dernière. Dans cette espèce, ces éléments sont également abondants dans les cortex et à l'état de traces dans la médulle.

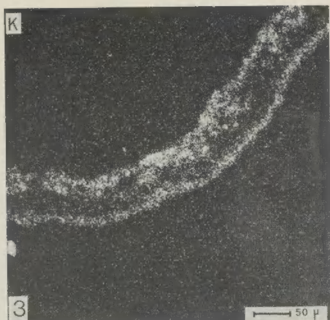
La répartition du phosphore qui n'est pas présentée ici est très discrète dans tous les tissus.

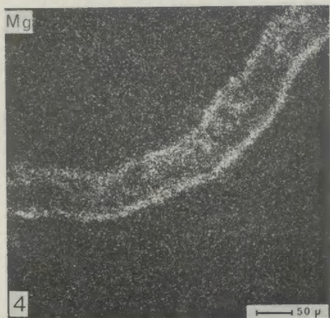
2) Si nous examinons le cas de *Cladonia elongata* nous retrouvons le calcium (fig. 10) abondant dans le cortex mais aussi dans le stéréome formé de tissu



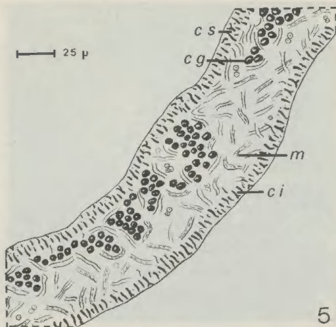


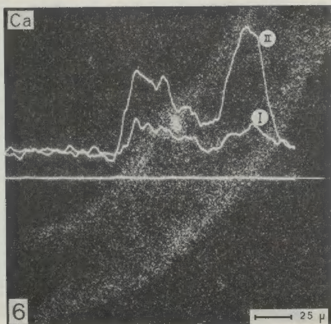
Cetraria cucullata : coupe transversale du thalle.
Fig. 1. – Schéma; cs : cortex supérieur; cg : couche gonidiale; m : médulle; ci : cortex inférieur. Fig. 2. – Image X de la localisation du calcium.



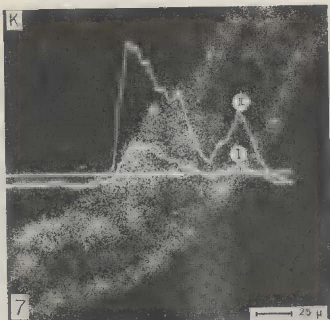


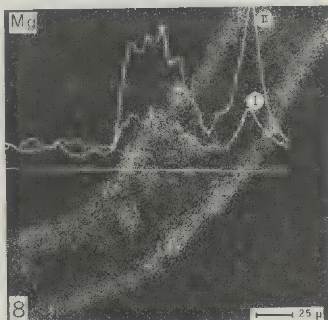
Cetraria cucullata : coupe transversale du thalle.
Fig. 3. – Image X de la localisation du potassium. Fig. 4. – Image X de la localisation du magnésium.



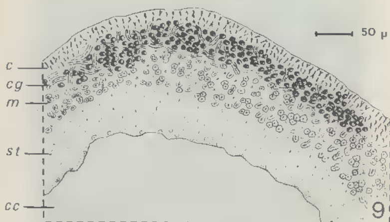


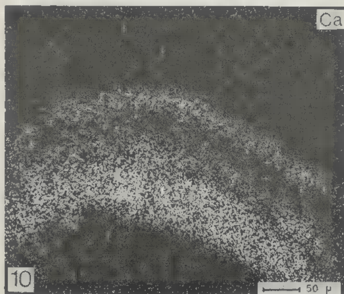
Cetraria cucullata : coupe transversale du thalle.
Fig. 5. — Schéma; cs : cortex supérieur; cg : couche gonidiale; m : médulle; ci : cortex inférieur. Fig. 6. — Image X de la localisation du calcium. Répartition du calcium (courbe II) et variations du bruit de fond (courbe I) le long d'une traversée.



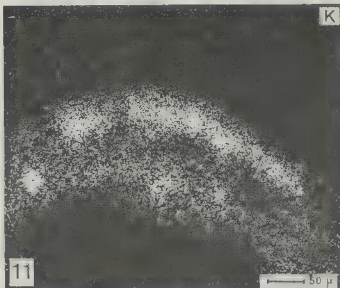


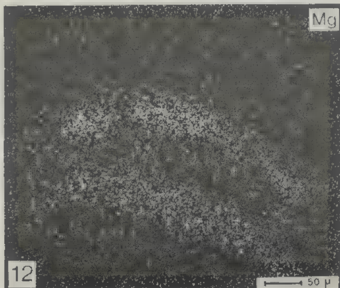
Cetraria cucullata : coupe transversale du thalle.
Répartition de l'élément détecté (courbe II) et variations du bruit de fond (courbe I) le long d'une traversée. Fig. 7. – Image X de la localisation du potassium. Fig. 8. – Image X de la localisation du magnésium.





Cladonia elongata : coupe transversale de podétion.
Fig. 9. – Schéma; c : cortex; cg : couche gonidiale; m : médulle; st : stéréome; cc : cavité centrale. Fig. 10. – Image X de la localisation du calcium.





Cladonia elongata : coupe transversale de podétion.
Fig. 11. – Image X de la localisation du potassium. Fig. 12. – Image X de la localisation du magnésium.

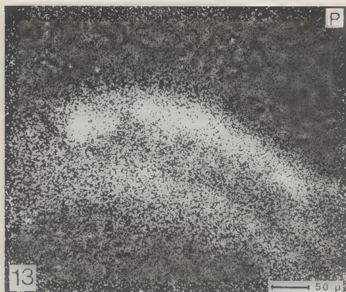
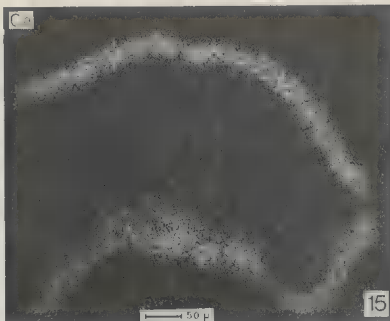
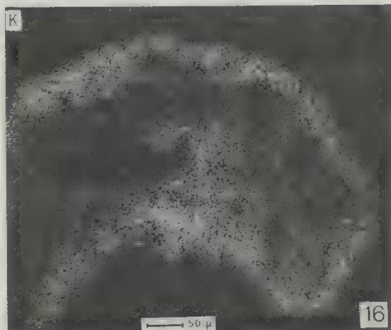


Fig. 13. – *Cladonia elongata* : coupe transversale de podétion. Image X de la localisation du phosphore (cf. fig. 9).



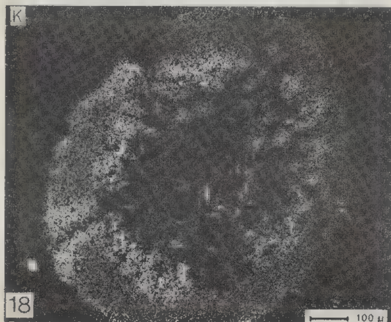
Fig. 14. – *Parmelia furfuracea* : Schéma de la coupe transversale du thalle au niveau d'une extrémité. cs : cortex supérieur; cg : couche gonidiale; m : médulle; ci : cortex inférieur.

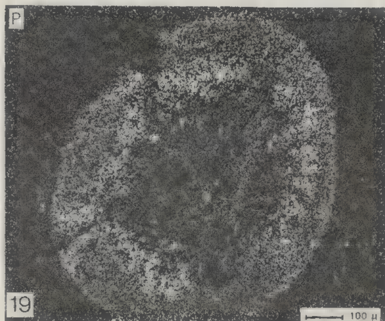




Parmelia furfuracea : coupe transversale du thalle au niveau d'une extrémité (cf. fig. 14). Fig. 15. - Image X de la localisation du calcium. Fig. 16. – Image X de la localisation du potassium.


100 µ
c
c g
m
17


K
18
100 µ



Alectoria ochroleuca : coupe transversale du thalle.
Fig. 17. – Schéma : a : cortex ; cg : couche gonidiale ; m : médulle. Fig. 18. – Image X de la localisation du potassium. Fig. 19. – Image X de la localisation du phosphore.

prosoplectenchymateux ; cet élément est à l'état de traces ailleurs.

Le potassium (fig. 11) et le magnésium (fig. 12) apparaissent abondants ou très abondants dans la couche gonidiale, comme dans l'espèce précédente. Le magnésium est à l'état de traces dans les autres tissus alors que le potassium est également présent dans le cortex et le stéréome.

Le phosphore (fig. 13) semble suivre la même localisation que le potassium.

3) Chez *Parmelia furfuracea* l'observation des fig. 14 à 16 permet de constater aussi la présence du calcium très abondante au niveau des cortex et à l'état de traces ailleurs, alors que le potassium permet de localiser aisément la couche gonidiale. Mais cet élément est également abondant dans les cortex et présent dans la médulle. Chez cette espèce, le magnésium et le phosphore (images X de la localisation non présentées ici) sont également présents ou abondants dans la couche gonidiale.

Alectoria ochroleuca est également une espèce lichénique où la répartition des éléments minéraux permet de repérer aisément la structure anatomique :

le potassium (fig. 18) et le phosphore (fig. 19) sont abondants dans la couche gonidiale, présents dans le cortex et à l'état de traces dans les cordons fibreux de la médulle.

Espèces étudiées	Type écologique (d'après le substrat)	Type morphologique	Structure anatomique	Principales couches anatomiques	Ca	K	Mg	P
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	fruticuleux	stratifiée radiée	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	fruticuleux	[illegible] (parfois tendance [illegible] analogues)	[illegible] supérieur couche gonidiale médulle arachnoïde [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	fruticuleux	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	cortex supérieur [illegible] [illegible] arachnoïde [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible] [illegible] médulle [illegible] ± importantes	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible] [illegible] médulle [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	cortex [illegible] médulle [illegible] cortex [illegible] médulle	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	foliacé	[illegible]	cortex supérieur [illegible] [illegible] médulle pigmentée	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	corticole	[illegible]	[illegible]	cortex supérieur couche gonidiale médulle arachnoïde [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Tableau 1. Types écologiques, [illegible] des dix espèces lichéniques étudiées. Répartition [illegible] K, Mg et P dans les [illegible]. (+++ : très abondant; ++ : abondant; + : présent. [illegible])

4) Dans le tableau 1, nous avons récapitulé la répartition du Ca, K, Mg et P dans les différentes couches anatomiques des dix lichens étudiés. La quantité relative évaluée approximativement à partir des images X est représentée par le nombre de croix (+++ : très abondant; ++ : abondant; + : présent); un point signifie que l'élément est en très faible quantité.

Cependant, il faut remarquer que dans ce tableau «semi-quantitatif», il est impossible, au niveau d'un même lichen, de comparer sans témoin les teneurs des différents éléments par suite, entre autre, de leur section efficace d'ionisation et de leur rendement de fluorescence différents.

Dans l'ensemble des espèces analysées, nous constatons tout d'abord qu'il n'existe pas de différence fondamentale entre les espèces terricoles étudiées et l'espèce corticole (*Parmelia furfuracea*). Nous pouvons ainsi dégager quelques principes probablement généraux.

a) Dans les **tissus mycéliens**, les cortex (supérieur et inférieur quand ils existent), ainsi que les tissus constitués d'hyphes serrées (stéréome de *Cladonia*) ou d'hyphes lâches à membrane épaisse (médulle inférieure pigmentée de *Peltigera*) apparaissent généralement riches en calcium. Les autres éléments (K, Mg et P) existent presque toujours dans ce type de tissu. Par contre, la médulle à hyphes lâches se caractérise par une grande pauvreté en tous éléments minéraux.

b) La **couche gonidiale** se distingue par sa richesse en potassium, la présence plus ou moins importante de magnésium et de phosphore, et l'absence quasi totale de calcium.

A ces conclusions, nous pouvons ajouter quelques remarques concernant deux espèces terricoles qui présentent quelques particularités méritant d'être soulignées.

- *Stereocaulon alpinum* est la seule espèce parmi les lichens étudiés présentant du calcium uniquement à l'état de traces. Cette observation coïncide avec les résultats obtenus à partir des dosages de calcium effectués dans cette espèce où la teneur moyenne évaluée à partir de 94 échantillons est de 2 600 ± 550 µg/g de matière sèche. Cette teneur s'avère assez faible si on la compare à celle de *Cetraria nivalis* par exemple ou la teneur en calcium évaluée à partir de 76 échantillons est de 10 300 ± 2 360 µg/g de matière sèche.

– *Peltigera aphthosa* montre une grande abondance de potassium dans la couche gonidiale qui, chez cette espèce, apparaît histologiquement très dense. Les teneurs en potassium de *Peltigera aphthosa* sont, à l'inverse des neuf autres lichens étudiés, toujours supérieures aux teneurs en calcium : en effet, les dosages de calcium et potassium effectués à partir de 76 échantillons ont donné comme résultats : 5 500 ± 610 µg/g de matière sèche pour le potassium et 4 100 ± 600 µg/g de matière sèche pour le calcium. Cette forte teneur du potassium, comparativement au calcium est sans doute à mettre en relation avec la compacité de la couche gonidiale.

DISCUSSION

L'utilisation d'une technique de préparation des échantillons qui n'entraîne aucune perte ni aucun déplacement des ions est primordiale pour localiser avec précision les éléments minéraux dans les différentes couches anatomiques, surtout lorsqu'il s'agit d'ions très diffusibles comme le potassium ou le phosphore. Ainsi, dans son étude sur *Cladonia cristatella*, LAWREY (1977) constate que le potassium est réparti d'une façon identique entre l'algue et le champignon : ce résultat, en contradiction avec les nôtres, pourrait provenir de la technique de préparation utilisée par cet auteur. Remarquons toutefois que dans la méthode que nous avons suivie, nous congelions rapidement les échantillons au moyen d'azote liquide, mais par contre la lyophilisation dans l'appareil

spécial utilisé, s'effectue à une température plus élevée : −50 à −45 °C. De ce fait, il peut apparaître une recristallisation de l'eau qui risque d'endommager les organites cellulaires et d'entraîner une redistribution des éléments. Cependant, ce phénomène qui conduit à des modifications non négligeables à l'échelle cellulaire, n'a semble-t-il aucune conséquence à l'échelle anatomique (EDELMANN 1978, INGRAM & INGRAM 1975).

Dans les différentes coupes étudiées, nous avons calculé qu'avec la tension d'accélération des électrons utilisés (10 kv), la profondeur d'analyse des différents éléments minéraux est voisine de 1 μm. Ceux-ci étant généralement en faible quantité dans les lichens, nous avons dû, pour les détecter à l'intérieur des thalles, travailler avec un fort courant de sonde (de l'ordre de 100 nA) et effectuer plusieurs passages pour une même image X. Ceci entraîne la présence d'un bruit de fond non négligeable qui rend plus difficile l'interprétation des images X lorsqu'un élément est à l'état de traces.

Pour les études de la répartition des éléments, l'emplacement des traversées doit être judicieusement choisi par suite de l'hétérogénéité de la structure anatomique des thalles : en effet, les hyphes mycéliennes des cortex et de la médulle montrent une structure variable et la couche gonidiale elle-même, par la présence des algues agglomérées en amas irréguliers et par celle des filaments mycéliens, présente une structure hétérogène. A l'intérieur de la couche gonidiale, les cellules d'algue étant extrêmement nombreuses, on peut admettre que la composition minérale de l'ensemble reflète essentiellement celle de l'algue.

Les fortes concentrations en calcium observées dans le cortex proviennent probablement des parois cellulaires épaisses. Cette observation est d'ailleurs confirmée par les travaux de GARTY, GALUN & KESSEL (1979) qui indiquent des teneurs en calcium trois fois plus importantes dans la paroi des hyphes que dans l'espace intracellulaire. Pour le potassium, BOWEN (1966) signale que, d'une manière générale, les algues contiennent deux fois plus de potassium que les champignons; cette observation semble se confirmer au niveau des lichens. Dans la couche gonidiale, nous pensons que l'accumulation du magnésium et du phosphore observée provient de la présence de ces deux éléments dans les systèmes photosynthétiques; il faut noter que nos résultats sont en contradiction avec ceux de SALOMON (1914) qui avait observé chez les lichens une faible teneur en phosphore dans les phycosymbiontes.

CONCLUSION

Cette première étude qualitative permet d'observer la localisation exacte des quatre principaux éléments minéraux (Ca, K, Mg et P) examinés in situ dans les différentes couches anatomiques de dix espèces lichéniques. Cette localisation apparaît généralement identique dans les thalles fruticuleux et dans les thalles foliacés des lichens étudiés.

Cependant, elle montre avant tout l'existence d'une répartition hétérogène

consécutive à la présence des deux symbiontes dans la constitution lichénique. Il est évident à partir de ce travail, que toute étude sur l'absorption d'un élément minéral par les lichens ou toute analyse globale de la teneur d'un élément dans ces végétaux s'avère insuffisante et nécessite un examen approfondi et une analyse plus fine au niveau de chaque symbionte dans un but comparatif.

Par la suite, grâce aux possibilités techniques de la microsonde électronique, nous nous proposons :

1) de réaliser des analyses quantitatives des différents éléments minéraux dans les tissus lichéniques, ce qui devrait nous permettre de confirmer et de préciser les premières observations effectuées ici,

2) d'étendre et de généraliser les conclusions obtenues à d'autres espèces de lichen, en particulier à celles qui possèdent un thalle crustacé,

3) enfin, de déceler, à l'échelle cellulaire cette fois la localisation des éléments minéraux dans les deux symbiontes.

Il serait par exemple intéressant de préciser pour le mycosymbionte comment s'effectue la localisation des quatre minéraux choisis dans les différents constituants de la paroi des hyphes : mucilages, hemicellulose, callose ou chitine.

BIBLIOGRAPHIE

BOWEN H.J.M., 1966 – Trace elements in biochemistry. BOWEN H.J.M. ed., Academic Press. 68-69.

BROWN D.H., 1976 – Mineral uptake by lichens in Lichenology : Progress and Problems. BROWN D.H., HAWKSWORTH D.L. & BAILEY R.H. ed., Academic Press, 419-439.

BROWN D.H. & SLINGSBY D.R., 1972 – The cellular location of lead and potassium in the lichen *Cladonia rangiformis* (L.) Hoffm. *New. Phytol.* 71 : 297-305.

DUVIGNEAUD P., 1949 – Sur la teneur en calcium de quelques lichens épiphytes et terricoles. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique* 81 : 50-57.

EDELMANN L., 1978 – Visualization and X-ray microanalysis of potassium tracers in freeze-dried and plastic embedded frog muscle. *Microscopica Acta* Suppl. 2 : Microprobe Analysis in Biology and Medicine : 166-174.

GARTY J., GALUN M. & KESSEL M., 1979 – Localization of heavy metals and other elements accumulated in the lichen thallus. *New Phytol.* 82 : 159-168.

INGRAM F.D. & INGRAM M.J., 1975 – Quantitative analysis with the freeze-dried, plastic embedded tissue specimen. *J. Microscop. Biol. Cell.* 22 : 193-204.

LAWREY J.D., 1977 - X-Ray emission microanalysis of *Cladonia cristatella* from a coal strip-mining area in Ohio. *Mycologia* 69 : 855-860.

NOESKE O., LÄUCHLI A., LANGE O.L., VIEWEG G.H. & ZIEGLER H., 1970 – Konzentration und Lokalisierung von Schwermetallen in Flechten der Erzschlackenhalden des Harzes. *Ber. Deutsch. Bot. Ges. N. F.* 4 : 67-79.

OZENDA P., 1963 – Lichens. In LINSBAUER K., Handbuch der Pflanzenanatomie, VI, 9. Borntraeger, Berlin.

PUCKETT K.J., NIEBOER E., GORZYNSKI M.J. & RICHARDSON D.H.S., 1973 – The

uptake of metal ions by lichens : a modified ion-exchange process. *New Phytol.* 72 : 329-342.

SALOMON H., 1914 — Über das Vorkommen und die Aufnahme einiger wichtiger Nährsalze bei den Flechten. *Jahrb. Wiss. Bot.* 54 : 309-354.

SPURR A.R., 1969 — A low viscosity Epoxy Resin Embedding Medium for Electron Microscopy. *J. Ultrastruct. Res.* 26 : 31-43.

TUOMINEN Y. & JAAKKOLA T., 1973 — Absorption and Accumulation of Mineral elements and radioactive Nuclides in the Lichens. AHMADJIAN V. & HALE M.E.ed., Academic Press, 185-223.

ÉVOLUTION DE LA MICROFLORE D'UN SUBSTRAT AVANT ET PENDANT SA COLONISATION PAR LES LICHENS

I. Le cas de toitures en amiante-ciment en zone sub-urbaine

D. SAVOYE* et R. LALLEMANT*

RÉSUMÉ. — Les phénomènes microbiologiques préparant la colonisation des plaques d'amiante-ciment par les lichens ont été étudiés selon des techniques adaptées de la microbiologie des sols à partir de prélèvements effectués à l'usine Éternit-Industries de Prouvy (Nord), et pour comparaison à la station de biologie végétale d'Avon (Seine-et-Marne). Les bactéries ont été identifiées en fonction des particularités de leur métabolisme.

A Prouvy, — en zone urbaine industrielle — le cycle de l'azote est initié par la matière organique provenant de l'activité humaine; les lichens ne s'installent que lorsque ce cycle fonctionne totalement. A Avon — en milieu semi-forestier — le rôle des bactéries est différent.

INTRODUCTION

Le présent travail a pour point de départ les observations antérieures qui ont montré que :

– les plaques d'amiante-ciment constituent un milieu particulièrement favorable à l'installation et au développement des lichens;

– en zone semi-polluée et en zone fortement polluée, c'est le seul matériau qui permette la croissance de lichens de teinte variée, un avantage esthétique sur des matériaux plus traditionnels qui prennent à la longue des teintes noirâtres ou verdâtres;

– cependant, les premiers lichens ne s'installent qu'au bout de deux ou trois ans et il faut attendre encore autant pour qu'ils deviennent visibles pour un observateur non averti. Pendant ce temps, les plaques d'amiante-ciment sont soumises à différents facteurs qui transforment les caractères physiques, chimi-

* Laboratoire de Cryptogamie, Université Pierre et Marie Curie, 9, quai Saint-Bernard, 75230 Paris Cédex 05.

Cryptog., Bryol. Lichénol., 1980, 1, 1 : 21-31.

ques ou biologiques de leur surface. Ces transformations constituent un préalable nécessaire à l'installation des lichens.

Il s'inscrit dans le cadre plus vaste de recherches ayant pour but de préciser, parmi les modifications (phénomènes microbiologiques, facteurs physiques, ...) qui précèdent et accompagnent la colonisation des substrats par les lichens, celles qui constituent un préalable indispensable à cette colonisation.

CHOIX DES PLAQUES ÉTUDIÉES ET TECHNIQUES DE PRÉLÈVEMENTS

Choix des plaques

Il était nécessaire de disposer d'un ensemble de plaques d'amiante-ciment ayant vieilli en conditions naturelles dont les âges soient connus avec une suffisante précision et recouvrent la période précolonisatrice et la période colonisatrice, dans des conditions écologiques aussi homogènes que possible. Nous avons pu trouver un tel ensemble sur les toitures de l'usine de Prouvy (Nord, à 7 km de Valenciennes) de la firme Éternit-Industries, et sur les toitures du siège social de la même firme, qui jouxte l'usine. La date de fabrication, codée, était gravée sur les plaques (à l'exception des très anciennes), et l'année de pose était connue. La pose avait toujours suivi de très près la date de fabrication, à l'exception des plaques posées en 1978 : la crise économique qui affecte particulièrement l'industrie du bâtiment a pour conséquence depuis quelque temps un stockage avant emploi. La pente des toits était toujours extrêmement faible, ce qui permet de considérer comme négligeables les différences d'ensoleillement et d'exposition aux précipitations.

8 plaques ont été étudiées et numérotées de 1 à 8.

7 d'entre elles sont situées à Prouvy (Nord), c'est-à-dire en zone urbaine industrialisée (zone 4-5, échelle de Rose et Hawksworth). Elles ont été choisies de façon à représenter un échantillonnage de la période précédant la colonisation et de la période de colonisation (6 mois à plus de 10 ans). Les plaques les plus anciennes (n° 5, 6 et 7) sont des plaques ondulées et colorées; les plus récentes sont des plaques ondulées non colorées (1 à 4).

Pour comparaison, a été étudiée une plaque vieillie pendant 18 mois en milieu semi-forestier, sur le terrain de la station de biologie située à Avon, en lisière de la forêt de Fontainebleau (plaque n° 8).

Pour chaque plaque, ont été notés :

– son type (plaque ondulée non colorée, plaque ondulée colorée, plaque plane non colorée);
– sa date de fabrication;
– sa date de pose,
– sa dureté, appréciée subjectivement;
– sa flore macroscopique, algale ou lichénique, visible à l'œil nu.

Caractères des plaques

Les prélèvements 1 à 7 ont été effectués sur des plaques d'amiante-ciment ondulées, situées en toiture à 4 ou 5 mètres au-dessus du niveau du sol, sur les bâtiments d'Éternit-Industries à Prouvy.

Plaque n°1 : Fabrication en 1977, pose en 1978. Plaque non colorée. Aucune colonisation visible. Surface très dure.

Plaque n°2 : Fabrication en 1977 (août), pose en 1977. Plaque non colorée. Aucune colonisation visible. Surface très dure.

Plaque n°3 : Fabrication en 1976 (mai), pose en 1976. Colonisation : un très jeune thalle de *Physcia* sp. (environ 1,5 mm de diamètre); grosse accumulation de poussière avec cellules algales au fond des rainures. Surface moyennement dure.

Plaque n°4 : Fabrication et pose en 1974. Plaque non colorée. Début de colonisation par les lichens. Surface friable.

Plaque n°5 : Fabrication en 1971 (septembre), pose en 1971. Plaque colorée (teinte brique). Très peu colonisée (sur le côté, colonisation en provenance d'une plaque voisine, le prélèvement a été effectué en dehors de cette zone). Surface très dure.

Plaque n°6 : Fabrication en 1970 (juillet). Plaque colorée (teinte brique). Présence de quelques très jeunes thalles de *Caloplaca* sp., grisâtres. Surface moyennement dure.

Plaque n°7 : Plaque colorée (teinte brique) ancienne (non datée). Colonisation importante par les lichens : *Physcia* sp., *Caloplaca* sp., *Parmelia* sp.[1] Surface moyennement dure.

Plaque n°8 : Plaque plane, installée depuis 18 mois sur échaffaudage expérimental à Avon (Seine et Marne), à 4 m au-dessus du sol. Non colorée. Légère colonisation par des algues vertes visibles à l'œil (traînées verdâtres). Surface moyennement dure.

Prélèvements

Les prélèvements ont été effectués par grattage d'une petite surface à l'aide d'un scalpel stérile, en conditions aussi aseptiques qu'il était possible en milieu naturel. C'est la poussière ainsi recueillie qui a été ensuite ensemencée pour l'analyse microbiologique.

Les prélèvements ont été effectués depuis le bord du toit, le plus loin de celui-ci qu'il a été possible. Ils ont été faits en août 1978 et ont été étudiés successivement d'août 1978 à février 1979.

---

1. Par suite de difficultés d'accès, nous n'avons pu encore effectuer une étude détaillée de la flore lichénique de ces plaques. Une telle étude dont les résultats pourraient permettre de préciser le rôle éventuel de certaines espèces lichéniques dans le cycle de l'azote, sera entreprise ultérieurement.

TECHNIQUES D'ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

Généralités

La microflore a été étudiée selon des techniques dérivées de la bactériologie des sols mises au point par JATON (1970) : des dilutions variées (10^{-1} à 10^{-8} g/l) du prélèvement sont ensemencées sur des milieux sélectifs ne permettant la croissance que d'un type de microorganismes, en fonction de son métabolisme (milieux carencés).

Après une incubation en étuve de une à trois semaines selon le milieu considéré, on compte le nombre d'ensemencements ayant, pour une dilution donnée, permis le développement de microorganismes. Ce nombre, par référence à des tables statistiques, permet d'évaluer la concentration du microorganisme considéré, dans le prélèvement.

Par ces techniques, dont le détail peut être trouvé dans JATON (1970), ont été déterminées :

1. La microflore hétérotrophe globale et notamment :
   - l'ensemble des bactéries hétérotrophes aérobies;
   - les actinomycètes;
   - la microflore fongique.
2. La microflore bactérienne intervenant dans le cycle de l'azote, en distinguant :
   - les bactéries anaérobies fixatrices d'azote;
   - les bactéries ammonifiantes;
   - les bactéries nitrificatrices;
   - les bactéries de la dénitrification.
3. La microflore intervenant dans le cycle du soufre, en distinguant :
   - les oxydants du soufre;
   - les réducteurs du soufre oxydé;
   - les minéralisateurs anaérobies du soufre organique.

L'azote est nécessaire aux organismes vivants et on peut penser qu'un enrichissement préalable du substrat en azote assimilable est indispensable au développement des lichens.

Le soufre est aussi un élément indispensable à la vie; d'autre part, sous forme de SO_2 c'est un des polluants atmosphériques auquel les lichens sont le plus sensibles, sauf lorsqu'ils se développent sur substrat basique; enfin, lorsqu'il se minéralise, il provoque une redoutable maladie de la pierre.

Préparation des dilutions-suspensions

La poussière est mise en suspension dans de l'eau distillée de façon à réaliser des dilutions en poids s'échelonnant de 10^{-1} à 10^{-8}.

Ensemencement

Il est pratiqué dans des conditions d'asepsie rigoureuse, à l'aide de pipettes graduées stériles en milieu liquide, à l'aide de pipettes et d'un étaloir stériles sur milieu gélosé.

RÉSULTATS ET COMMENTAIRES

A partir du nombre d'ensemencements ayant, pour une dilution donnée, permis le développement du microorganisme étudié, on peut connaître par référence aux tables statistiques de MAC CRADY (1918), le nombre de germes de cet organisme présents dans le prélèvement.

Ce sont ces résultats, exprimés en germes par gramme de prélèvement, qui sont réunis dans le tableau I.

En plus de ces chiffres y figurent un certain nombre d'autres caractères utiles à leur interprétation. Toutefois, il est recommandé de se reporter à la description détaillée des plaques étudiées (paragraphe «Caractères des plaques»).

Compte tenu du nombre restreint des prélèvements et de l'état fragmentaire de nos connaissances sur ce sujet, il n'est pas possible d'interpréter la totalité des chiffres du tableau I.

Cependant, certains résultats sont suffisamment cohérents pour qu'on puisse légitimement essayer d'en tirer les conclusions. Certaines paraissent exploitables dès maintenant (cycle de l'azote et micropopulations du cycle du soufre à Prouvy). D'autres posent des problèmes qu'il conviendrait d'approfondir (évolution générale de la microflore : microflore en milieu semi-forestier).

1. Évolution de la microflore et des caractères physiques des plaques d'amiante-ciment à Prouvy (prélèvements 1 à 7)

Les toitures étudiées s'échelonnent du point de vue de l'âge de 6 mois à 10 ans; elles ne sont pas strictement comparables, les plus récentes (1 à 4) étant faites de plaques non colorées et les plus anciennes (5 à 7) de plaques colorées. Ce caractère, comme nous le verrons, n'est pas indifférent, du point de vue qui nous intéresse, de sorte que nous distinguerons 2 lots, celui des toitures récentes non colorées (1 à 4) et celui des toitures anciennes vernissées (5 à 7).

a) Évolution des toitures non colorées

Dureté des plaques. — Comme on le sait, les plaques en toiture perdent rapidement de leur dureté : difficiles à attaquer au scalpel (plaques 1 et 2) elles deviennent ensuite moyennement dures (plaque 3), puis friables (plaque 4), et il est alors possible de détacher des «copeaux».

Tableau I - RESULTATS DES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

				1	2	3	4	5	6	7	8
CARACTERES PHYSIQUES			Lieu	PROUVY							AVON
CARACTERES PHYSIQUES			Type	ondulées, non colorées				ondulées, vernissées			planes, non colorées
CARACTERES PHYSIQUES			Date de fabrication	1977	1977	1976	1974	1971	1970	?	1976
CARACTERES PHYSIQUES			Age des toitures	$<$ 6 mois	$<$ 1 an	$>$ 2 ans	$>$ 4 ans	$>$ 7 ans	$>$ 8 ans	$>$ 10 ans	18 mois
CARACTERES PHYSIQUES			Dureté	très dure	très dure	dureté moyenne poussière	friable	assez dure	dureté moyenne	dureté moyenne	dureté moyenne
MACROFLORE			Flore algale	Présente mais non visible à l'oeil nu				Présente mais non visible à l'oeil nu			+
MACROFLORE			Flore lichenique	0	0	+	++	0	++	abondants lichens foliacés	0
MICROFLORE	Microflore générale		Microflore fongique	214.000	2.500	2.133.000	$> 5.10^7$	$> 5.10^7$	155.000	$> 5.10^7$	1.190
MICROFLORE	Microflore générale		Actinomycètes	2.143.000	20.000	2.133.000	$> 5.10^7$	3.000.000	327.000	2.260.000	119.000
MICROFLORE	Microflore générale		Bactéries hétérotrophes banales	45.106	950	670	3.000.000	3.000.000	8.000.000	?	45.200
MICROFLORE	Bactéries du cycle de l'azote		Fixatrices azote	0	0	0	235.000	0	0	357.000	0
MICROFLORE	Bactéries du cycle de l'azote		Ammonifiantes	$> 5.10^7$				$> 5.10^7$			1.190
MICROFLORE	Bactéries du cycle de l'azote	Nitrifiantes	ferments nitreux	1.100.000	$> 5.10^7$	0	203	$> 5.10^7$	$> 5.10^7$	95	0
MICROFLORE	Bactéries du cycle de l'azote	Nitrifiantes	ferments nitriques	61.900		$> 5.10^7$	$> 5.10^7$	$> 5.10^7$	$> 5.10^7$	$> 5.10^7$	45.200
MICROFLORE	Bactéries du cycle de l'azote		Denitrifiantes	0				0			428
MICROFLORE	Bactéries du cycle du soufre		Bactéries sulfo-oxydantes	21.400	0	670	330	630	860	95	0
MICROFLORE	Bactéries du cycle du soufre		Bactéries sulfo-réductrices	21.400	0	670	340	750	860	260	4.500
MICROFLORE	Bactéries du cycle du soufre		Bactéries minéralisatrices	11.900	0	0	0	0	860	0	0

Évolution générale de la microflore. — La microflore est riche et diverse sur la plaque de 6 mois : seules les bactéries fixatrices d'azote et les bactéries dénitrifiantes sont absentes.

Au contraire, on note un appauvrissement considérable des diverses micropopulations sur la plaque d'un an, sauf en ce qui concerne les bactéries ammonifiantes et les bactéries nitreuses.

Sur les plaques 3 et 4, la microflore s'enrichit à nouveau, mais d'une façon différente selon les micropopulations : relativement riche pour la microflore générale, pauvre pour celle du cycle du soufre, elle est très riche pour celle du cycle de l'azote, mais variable en fonction des diverses populations concernées (ammonifiantes, nitreuses, nitriques, etc...).

Il n'est pas exclu que l'exceptionnelle variété des populations de la plaque 1 soit liée au fait qu'avant son utilisation celle-ci a été assez longuement stockée dans des conditions non précisées. Toutefois, une autre hypothèse est plus en accord avec l'ensemble des résultats et nous paraît beaucoup plus intéressante du point de vue théorique et pratique.

Au début s'installerait une microflore indifférenciée assurant une colonisation, puis il y aurait sélection, soit du fait de l'inadaptation de certaines espèces au milieu, soit du fait de la compétition entre celles-ci. La microbiologie classique a déterminé les différents types trophiques des microorganismes; les techniques reposent entièrement sur le concept de croissance différentielle sur un milieu donné. Bien que ne possédant pas suffisamment de données, nous posons la question de savoir si l'écologie bactérienne n'implique pas de remettre en cause cette vision par trop passive et optimale du milieu : dans la nature, le milieu n'est pas simplement donné aux êtres vivants; ils le fabriquent et s'y succèdent. La dynamique des populations bactériennes in natura peut-elle s'expliquer seulement par la composition et la valeur des paramètres de croissance (pH, température, ...) instantanés du milieu ? La biométrie classique s'appuie sur un élément différentiel (croissance exponentielle); on pourrait imaginer un mécanisme procédant par seuils entre de grandes portions trophiques asservies. Si l'écologie bactérienne a un sens, c'est de nous conduire vers une conception du milieu autre que la conception pasteurienne.

Microflore du cycle de l'azote. — L'évolution de cette microflore spécialisée nous paraît particulièrement intéressante, compte tenu de l'objectif pratique que nous nous sommes fixé.

Les faits les plus remarquables nous paraissent les suivants :

Bactéries ammonifiantes : Dès le début, le nombre de bactéries ammonifiantes est très élevé. Ceci montre qu'elles trouvent sur les plaques suffisamment de matières organiques azotées pour subsister. Ces matières azotées qui ne peuvent venir du substrat lui-même sont apportées par les «saletés» de l'air.

Bactéries nitreuses : Les bactéries nitreuses qui dans le cycle de l'azote utilisent l'ammoniaque libéré par les bactéries ammonifiantes sont abondantes sur la plaque 1 et plus encore sur la plaque 2 ($> 5.10^7$). Ce chiffre est d'autant plus

remarquable que sur cette plaque l'importance des autres micropopulations décroît, sauf pour les bactéries ammonifiantes et nitreuses. Ceci semble venir à l'appui de la thèse énoncée plus haut selon laquelle le développement des micropopulations est fonction de leur rôle dans l'évolution de l'écosystème.

Ferments nitriques : En faible nombre sur la plaque 1, ils disparaissent sur la plaque 2 et n'abondent que sur les plaques 3 et 4. On peut donc en déduire que c'est uniquement sur ces plaques que les nitrites sont suffisamment abondants pour permettre leur développement.

Des plaques 1 à 3, on observe donc l'installation successive des bactéries ammonifiantes, nitreuses, puis nitriques, ce qui est conforme au schéma qu'on se fait de la mise en place du cycle de l'azote sur un substrat vierge, pauvre en cet élément. A Prouvy cependant, l'apport initial en matière organique est accéléré par le dépôt de poussières atmosphériques de nature organique, de sorte que le cycle est complet en moins de 3 ans.

Par contre, la disparition des ferments nitreux sur les plaques 3 et 4 pose un problème que les conditions de l'étude ne permettent pas de résoudre. Le fait que sur les plaques 5 et 6 les populations nitreuses et nitriques soient également développées exclut que cette substitution d'une population à l'autre soit obligatoire et constante. Constitue-t-elle un stade transitoire dans l'installation du cycle de l'azote ? Doit-on penser que sur les plaques 3, 4 (et 7) d'autres organismes (algues, lichens ?) jouent le rôle des bactéries nitreuses ? Ce sont des questions auxquelles il ne nous est pas possible de répondre.

Autres bactéries du cycle de l'azote : Les bactéries dénitrifiantes sont totalement absentes. Les bactéries fixatrices d'azote n'apparaissent que tardivement (plaque 4), alors que le cycle de l'azote fonctionne déjà totalement. C'est ce qui permet de dire qu'elles ne jouent aucun rôle pionnier, contrairement aux micropopulations précédentes dont l'activité aboutit à un enrichissement du substrat en nitrates et à une véritable micropédogénèse. Ces bactéries, capables de métaboliser le mannitol, viennent plutôt vivre aux dépens des carbohydrates rejetés par le lichen, trouvant ainsi l'énergie importante nécessaire à la fixation de l'azote atmosphérique.

Microflore du cycle du soufre. — La présence sur la plaque 1 des trois types de bactéries du cycle du soufre, semblerait indiquer que celui-ci s'amorce immédiatement.

En fait, ce cycle ne s'installe pas (plaque 2). Peut-être y a-t-il une sorte de répression du mécanisme biologique par un mécanisme chimique (par ex. la neutralisation de l'acide sulfurique liée à la basicité de la surface des plaques d'amiante-ciment).

C'est en tout cas ce destin différent qui nous permet d'affirmer que les bactéries du cycle de l'azote (ferments nitriques, nitreux, ammonifiants) ont un rôle pionnier, alors que les bactéries du cycle du soufre ne jouent aucun rôle, et qui plus est ne peuvent s'installer en nombre suffisant.

Installation des lichens. — Les lichens ne s'installent que sur les plaques 3 et 4,

c'est-à-dire sur celles où le cycle de l'azote fonctionne pleinement, enrichissant le substrat en nitrates.

Ce besoin des lichens en azote minéral est confirmé par une étude expérimentale menée conjointement (SAVOYE et LALLEMANT, inédit). Ceci est vrai, au moins pour les espèces qui se développent normalement en milieu semi-pollué. Le cas des espèces forestières est peut-être légèrement différent (paragraphe 2).

Toutefois, l'étude des plaques vernissées va nous montrer que cette condition n'est pas suffisante. Il faut en outre que les plaques aient perdu de leur dureté.

b) Évolution des toitures vernissées (plaques 5 à 7)

Installation des lichens. — Bien que les plaques 5 à 7 soient toutes plus anciennes que les plaques non colorées, on ne constate la présence de lichens que sur les plus anciennes. De ce point de vue, l'évolution des plaques colorées répète donc celle des plaques non colorées, mais avec un décalage dans le temps.

Dureté des plaques : il en va de même de la dureté des plaques : celle-ci diminue avec le temps, mais elle est freinée par la présence du vernis. En ce qui concerne la plaque 7, la dureté correspond à une partie dépourvue de lichens. Elle est nettement plus importante que celle de la plaque 4. La végétation lichénique est toutefois très comparable dans les deux cas, mais il convient de remarquer que la diminution de la dureté des plaques nécessaire à l'installation des lichens est toujours superficielle, même en ce qui concerne la plaque 4. Elle ne semble pas mettre en cause leur solidité.

Évolution de la microflore générale et de la microflore du soufre. — Bien que les plaques 5 à 7 soient toutes plus anciennes que les plaques non colorées, il ne semble pas y avoir de différences significatives entre elles et la plaque 4 du groupe précédent en ce qui concerne ces deux types de micropopulations.

Cela montre d'une part que la plaque 4 était de ce point de vue arrivée à l'équilibre compatible avec le milieu et d'autre part que le vernis ne gêne pas l'implantation de ces micropopulations.

Microflore du cycle de l'azote. — L'état de la microflore du cycle de l'azote sur la plaque 5 et son évolution appellent les remarques suivantes:

— Les bactéries dénitrifiantes sont absentes, comme sur les plaques 1 à 4.

— Les bactéries fixatrices d'azote ne se développent que sur la plaque 7, en même temps que les lichens foliacés. Ce résultat confirme celui de la plaque 4; il est conforme à des observations faites dans un tout autre milieu, ce qui exclut qu'il s'agisse d'un phénomène fortuit. Toutefois, nous ne sommes pas en mesure de l'expliquer.

— Sur les 3 plaques, les bactéries ammonifiantes sont aussi abondantes que sur les plaques 1 à 4.

— Sur les plaques 5 et 6, les bactéries nitreuses et nitriques sont également abondantes.

— La présence des populations ammonifiantes nitreuses et nitriques prouve que le cycle de l'azote fonctionne; son installation n'est pas gênée par la présence du vernis.

— Sur la plaque 7, les bactéries nitreuses disparaissent et on obtient des densités de population comparables en tous points à celles de la plaque 4.

La disparition des bactéries nitreuses ne semble pas perturber le cycle de l'azote, ce qui signifie que d'autres organismes ou d'autres phénomènes entrent en jeu pour fournir du NO_2^-.

2. Opposition entre la microflore du prélèvement d'Avon et celle des prélèvements de Prouvy

Si pour la plupart des micropopulations étudiées, les différences constatées sont difficilement interprétables, il n'en va pas de même en ce qui concerne les bactéries du cycle de l'azote.

A Avon, les bactéries ammonifiantes sont peu nombreuses et un petit nombre de bactéries dénitrifiantes sont présentes. A Prouvy, au contraire, tous les prélèvements sont riches en bactéries ammonifiantes, alors qu'aucune bactérie dénitrifiante n'est décelée.

Cette opposition révèle une différence fondamentale entre le milieu semi-forestier et le milieu semi-urbain. Il serait intéressant de savoir si l'évolution de la microflore et les conditions d'implantation des lichens restent jusqu'au bout différentes dans les deux milieux ou si au contraire elles se rejoignent à un moment donné. Cependant, cette recherche n'a pas été envisagée dans le cadre du présent travail essentiellement consacré à l'étude du milieu péri-urbain, et fera l'objet d'études ultérieures.

CONCLUSION

Nous avons pu déterminer la durée exacte de la mise en place des deux principaux cycles biologiques élémentaires sur l'amiante-ciment dans les conditions écologiques étudiées : environnement urbain et industriel du nord de la France.

Il apparaît que les lichens ne sont pas du tout pionniers, contrairement à ce qui est souvent affirmé : une véritable micropédogénèse précède leur installation sur un substrat. Les algues (Cyanophycées et Chlorophycées) ont été recherchées, bien que cette donnée n'apparaisse pas dans le tableau des résultats; leur rôle semble peu important : le cycle de l'azote, dans les conditions écologiques précitées, est initié par la matière organique provenant de l'activité humaine; il est complet en quelque 5 ans. Les lichens ne s'installent que lorsque ce cycle fonctionne totalement, à condition toutefois qu'une altération, qui pourrait n'être que très superficielle, permette le développement des propagules.

Le cycle du soufre, lui, ne s'initie que très lentement, à la suite d'un méca-

nisme purement chimique de neutralisation par l'acide sulfureux de l'air du substrat basique. Le soufre étant essentiellement assimilable chez les lichens sous forme d'ions sulfate, l'érosion chimique en outre participe à la préparation physique du substrat.

La plaque vieillie en milieu semi-forestier, à Avon, porte des bactéries dénitrifiantes, contrairement aux plaques vieillies durant un laps de temps similaire à Prouvy. Ces bactéries donnent de l'azote sans en fixer. Les bactéries ammonifiantes sur la même plaque sont peu nombreuses. Le rôle des bactéries semble donc moins important, et devrait être reconsidéré en fonction de l'ensemble de l'écosystème forestier.

Nous adressons nos plus vifs remerciements au Syndicat de l'Amiante et de l'Amiante-ciment, qui a bien voulu financer pour partie cette étude, à la Direction d'Éternit-Industries, au personnel du siège et au personnel de l'usine de Prouvy, qui ont autorisé et facilité notre accès aux toitures étudiées.

BIBLIOGRAPHIE

JATON C., 1970 – Contribution à l'étude de l'altération microbiologique des pierres de monuments en France. Thèse 3ème cycle (spécialité : sédimentologie), Université de Paris, Faculté des Sciences d'Orsay, 210 p., 42 pl.

Mc GRADY M.H., 1918 – Tables for rapid interpretation of fermentation tube results. *The public health journal* 9 (45) : 201. In J. POCHON et P. TARDIEUX, 1962, Techniques d'analyses en microbiologie du sol, p. 89-91, La Tourelle, Saint-Mandé.

ESTUDIOS MORFOLOGICOS SOBRE EVERNIA PRUNASTRI DE VIDA SAPROFITICA

M. Pilar ESTEVEZ, M. Isabel ORUS y C. VICENTE*

RESUMEN. - Se han utilizado métodos de tinción de hongos parásitos para determinar la conducta de penetración del líquen *Evernia prunastri* en ramas desgajadas de *Fagus sylvatica* y su desarrollo interno posterior. Ha sido comprobado que la penetración se realiza tanto a nivel de heridas y lenticelas como a través de tejidos intactos. Las hifas fúngicas se desarrollan concéntricamente en la peridermis y radialmente en el xilema.

SUMMARY. — Staining methods for parasitic fungi have been employed on the lichen *Evernia prunastri*, growing on detached branches of *Fagus sylvatica* to determine both penetration behaviour and internal development of the hyphae as well as the damage caused on phorophyte cells. Hyphal penetration is carried out through both lenticels and injuries as well as through the intact tissues. Hyphae show a concentrical development in the peridermis and a radial growth in the xylem.

INTRODUCCION

Se ha investigado una forma saprofítica de vida de *Evernia prunastri* sobre *Fagus sylvatica* por considerar que la conducta real de penetración de las hifas de líquenes epifíticos es, hasta el presente, un tema controvertido.

LINDAU (1895) verificó a este respecto que el talo de *Evernia prunastri* está unido al substrato por aprehensorios que envolvían un substancial grado de penetración. No obstante, LINDAU especifica que no fueron observadas hifas fuera de los límites de las células peridérmicas muertas. Este punto de vista fue apoyado por muchos autores. Solamente uno, PORTER (1917), describió una extensa penetración de las hifas de *Ramalina* en la madera de su substrato

* Cátedra de Fisiología Vegetal, Facultad de Biología, Universidad Complutense, Madrid-3, España.

Cryptog., Bryol. Lichénol., 1980, 1, 1 : 33-41.

hasta alcanzar el cambium. Tanto las heridas como lenticelas han sido consideradas como las principales vías de penetración para las hifas, siendo los espacios intercelulares las únicas vías para su desarrollo posterior.

FRANK (1877) y BONNIER (1889) describieron que las hifas de individuos pertenecientes al género *Trentepohlia* eran capaces de perforar tanto las paredes celulares como las membranas de células peridérmicas del substrato, aunque muchos autores han desechado con posterioridad esta hipótesis.

Ciertas técnicas de coloración para hongos parásitos han sido aplicadas a *Evernia prunastri* en el presente estudio, para tratar de determinar tanto las vías de penetración como el desarrollo interno de las hifas cuando el líquen se desarrolla sobre ramas caídas de *Fagus sylvatica*.

MATERIAL Y METODOS

Evernia prunastri creciendo sobre ramas desgajadas de *Fagus sylvatica*, recogido en el hayedo de Montejo de la Sierra (Madrid) ha sido utilizado en el presente trabajo.

La zona de inserción del líquen en la madera fue helada y cortada. Las muestras fueron fijadas en fenol-ácido acético glacial (1:1 v/v) o en 50 p. 100 etanol-ácido propiónico-formol (18:1:1 v/v) durante 20 horas. Las muestras fijadas fueron teñidas mediante los siguientes tratamientos :

a) cloramina T al 5 p. 100 en etanol.
b) método de GRAM y JOERGENSEN (1953).
c) tinción cuádruple de JOHANSEN (1940).

RESULTADOS

En los puntos de inserción del líquen con la rama ha podido ser observado cierto grado de penetración en la madera a través tanto de heridas como de lenticelas. En otros casos, la penetración de las hifas se lleva a cabo atravesando tejidos intactos e invadiendo los espacios próximos. En la fig. 1A se observa una lenticela, cuya peridermis está intacta, invadida por micelio fúngico que penetra bordeando las células de relleno y ocupando un gran espacio en el ápice lenticelar. La penetración periférica puede ser observada mejor en la figura 1B. En otras zonas, las hifas fúngicas se extienden debajo de la peridermis, separándola de las capas subyacentes por presión mecánica y aplastando las células del suber (fig. 2).

El desarrollo del tejido en el interior de la rama ha sido observado con cierto detalle. Pueden encontrarse en muchas ocasiones grupos de células parenquimatosas claramente rodeadas por una masa de hifas, aunque no se ha podido detectar la progresión en los espacios intercelulares. Esta situación vendría definida por el esquema de la fig. 3.

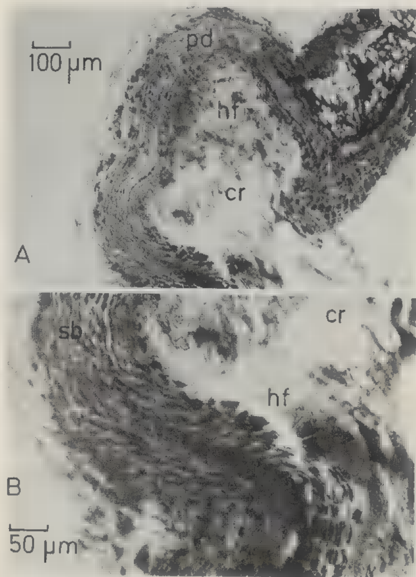
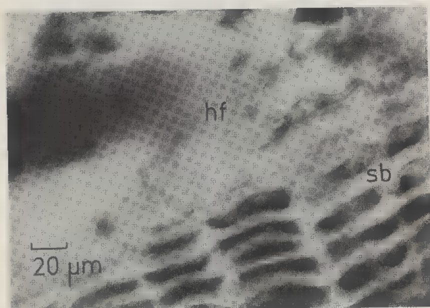


Fig. 1. A: Bloqueo de una lenticela intacta por hifas de *Evernia prunastri*. Las hifas (hf) penetran bordeando las células de relleno (cr) y llegan a las capas más internas de la peridermis (pd). - B: Detalle de la penetración de las hifas hasta tomar contacto con las células suberosas (sb). - En ambos casos se ha llevado a cabo la tinción cuádruple de JOHANSEN.



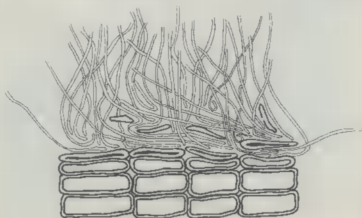


Fig. 2. – Desarrollo subepidérmico de las hifas liquénicas. Las paredes de las células suberosas (sb) se hallan deformadas por la presión mecánica ejercida por la masa de hifas (se trata de explicar en el esquema). En algunos casos, las paredes celulares han sido eliminadas. Tinción de GRAM y JOERGENSEN.

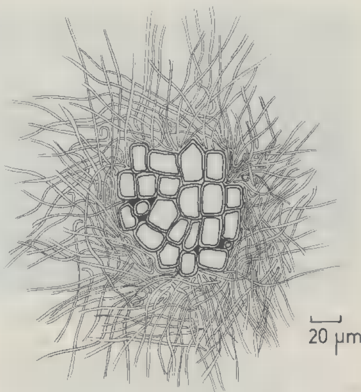


Fig. 3. — Esquema de un fragmento de tejido parenquimatoso, de células isodiamétricas, rodeado de hifas liquénicas.

La figura 4 muestra una masa de hifas desarrollándose entre dos esclereidas, cuyas fuertes paredes celulares no han podido ser atacadas por el líquen. El micelio, debido a la gran resistencia mecánica, tiene que adaptarse exactamente al espacio comprendido entre las dos células lignificadas.

El resto de los tejidos también son profusamente invadidos por el líquen, hasta alcanzar las cercanías de la médula. Un ejemplo altamente significativo sería el mostrado en la fig. 5. En ella [redacted] observa el xilema secundario profundamente invadido por masas dispersas de hifas que ocupan grandes zonas de la madera. En la misma figura puede observarse el gran desarrollo superficial del agente invasor, que se extiende sobre el floema separando completamente la felodermis.

La presión mecánica que las hifas ejercen debe ser muy alta. La figura 6 muestra un nudo de la madera en el cual el avance de las hifas se lleva a cabo

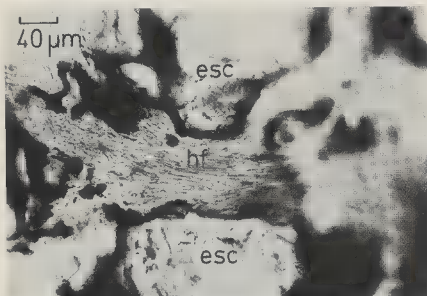


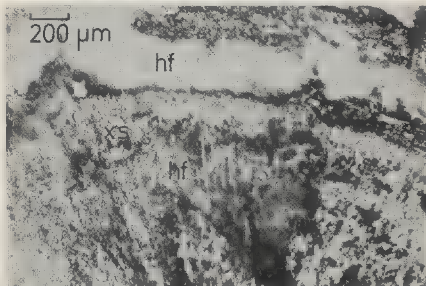
Fig. 4. — Detalle de una masa de hifas (hf) desarrollándose entre dos esclereidas (esc). Las hifas han tenido que amoldarse al contorno de las dos esclereidas sin poder penetrar en las mismas. Tinción de GRAM y JOERGENSEN.

tanto por ocupación de los espacios libres entre varias capas de tejido como penetrando dentro de una sola capa. Este hecho implicaría que el avance del líquen en la madera no sea meramente pasivo, sino que también las hifas sean capaces de romper las células del tejido invadido.

DISCUSION

Cuando *Evernia prunastri* crece saprofíticamente sobre ramas desgajadas de *Fagus sylvatica* es capaz de invadir la casi totalidad del tejido del forofito. Es digno de ser resaltado que el avance de las hifas no se lleva a cabo de igual forma para los distintos tejidos. Por ejemplo, el desarrollo de las hifas en el xilema secundario es radial mientras que en la peridermis es concéntrico.

Los resultados que se exponen en el presente trabajo consisten únicamente en observaciones morfológicas que no prueban, aunque sí indican, la existencia de un ataque químico ligado al proceso de penetración. La desaparición del material intercelular, observada en muchos casos, y la ruptura de las paredes celulares, no puede ser la consecuencia de un ataque exclusivamente físico. Pruebas indirectas de estas afirmaciones serían los cambios de coloración de las paredes de las células rodeadas de hifas cuando el tejido se tiñe por la técnica



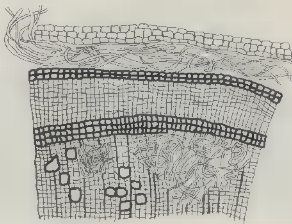


Fig. 5. — Desarrollo radial de las hifas liquénicas (hf) invadiendo xilema secundario (xs). La masa de hifas ha hecho desaparecer grandes zonas celulares, situación que trata de explicarse en el esquema adjunto. Tinción cuádruple de JOHANSEN.

cuádruple de JOHANSEN. Mediante la misma técnica, el líquen presenta un color distinto según haya sido teñido en una zona libre o ya unido al substrato.

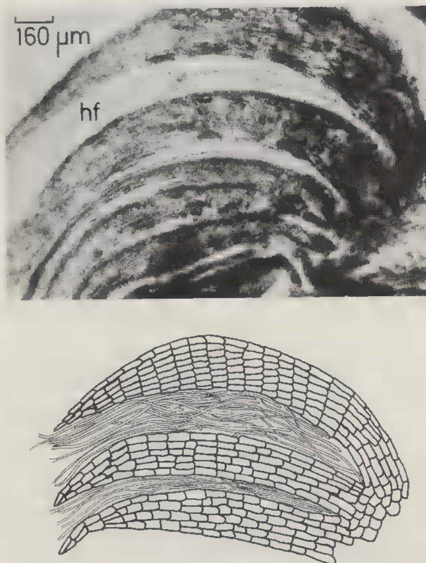


Fig. 6. — Invasión de un nudo de la madera por *Evernia prunastri*. Las hifas (hf) [redacted] aprecian entre las capas tisulares. Reacción con cloramina T.

Este hecho podría ser explicado por cambios metabólicos en el líquen relacionados con su régimen saprofítico de vida.

La acción desintegradora de los líquenes sobre los substratos minerales está hoy día absolutamente aceptada (SCHATZ 1963, ASCASO & GALVAN 1976) siendo los ácidos liquénicos responsables de esta acción. Aunque una relación de este tipo no ha sido estudiada respecto a substratos vegetales, la existencia de un ataque químico de los ácidos liquénicos sobre tales substratos no es una hipótesis desdeñable.

AGRADECIMIENTOS

Los autores manifestan su agradecimiento al Prof. E. Mateo-Sagasta por su crítica y a D. C. Macías por su excelente ayuda técnica.

BIBLIOGRAFIA

ASCASO C., GALVAN J., 1976 – Studies on the pedogenetic action of lichen acids. *Pedobiol.* 16: 321-331.

BONNIER G., 1889 – Recherches sur la synthèse des lichens. *Ann. Sci. Nat. Bot.*, sér. 7, 9: 1-32.

FRANK A.B., 1877 – Über die biologischen Verhältnisse des Thallus einiger Krustenflechten. *Beitr. Biol. Pflanzen* 2: 123-200.

GRAM K., JOERGENSEN E., 1953 – An easy, rapid and efficient method of counterstaining plant tissues and hiphae in wood sections by means of fast green of light green and safranin. *Friesia* 4, 4-5: 262-266.

JOHANSEN D.A., 1940 – Plant microtechnique. McGraw-Hill, New York.

LINDAU G., 1895 – Lichenologische Untersuchungen. Heft I. Ueber Wachstum und Anheftungsweise der Rinderflechten. C. Heinrich, Dresden.

PORTER L., 1917 – On the attachment organs of the common corticolous Ramalinae. *Proc. Roy. Irish Acad.* Sect. B, 34: 205-211.

EPIPHYTIC EVERNIA PRUNASTRI (L.) ACH. : ULTRASTRUCTURAL FACTS

C. ASCASO*, C. GONZALEZ** and C. VICENTE**

SUMMARY. – The insertion of *E. prunastri* thallus in the bark of *Quercus pyrenaica*, and its progression through the plant tissues up to the medulla have been investigated. The material has been processed for light and electron microscopic observations. A dramatical destruction of the bark by hyphae penetration has been observed. Lichen hyphae progress up to the most internal tissues invading the vascular bundles and penetrating into the xylem vessels without an apparent destruction of the cellular integrity at this level.

INTRODUCTION

The fact that epiphytic lichens could be considered as facultative parasites is still debated. This supposition could be related to our observation that branches which support lichens, are extensively defoliated. On this subject OZENDA and CLAUZADE (1970) pointed out that lichen acids could be released into phorophyte cells, as it has been conjectured for both usnic and sekikaic acids from *Ramalina tayloriana* A. Zahlbr.

Even at a structural level, the knowledge about the lichen insertion in the bark and its progression inside the host tissues is excessively uncertain. Recently ESTEVEZ et al. (1980) have reported that a saprophytic *E. prunastri* penetrates into the branches of *Fagus sylvatica* in a way that hyphae are found in the xylem. This penetration shows a radial development and provokes a strong distortion in the peripherical layers of the periderm. LINDAU (1895) and FRY (1926) affirmed that the lichen hyphae do not enter the host cells. Nevertheless, FRANK (1877) and BONNIER (1889) described that the filaments of the algae

* Instituto de Edafología y Biología Vegetal, Serrano 115 bis, Madrid 6.

** Cátedra de Fisiología Vegetal, Universidad Complutense, Madrid,3. Spain.

Cryptog., Bryol. Lichénol., 1980, 1, 1 : 43-51.

of *Trentepholia* genus are able to perforate both membrane and cell wall of the peridermal cells of the substrate.

In the present paper, both insertion and penetration of *Evernia prunastri* thalli in oak branches have been studied, in order to prove whether there is a real penetration of the hyphae inside the phorophyte cells.

MATERIAL AND METHODS

Living branches of 0.5 cm diameter of *Quercus pyrenaica* with the lichen *Evernia prunastri* (L.) Ach. were collected in Hayedo de Montejo, Madrid (Spain). Branch samples at the insertion point were taken and sections obtained following the method of GRAM and JØRGENSEN (1953), to be examined under the light microscope.

Cylindrical portions of the branches were cut with a surgical knife. They contained along their longitudinal axis, the lichen and its insertion zone in the branch as well as the branch tissues up to the medulla (see fig. 1). These samples were softened in a phenol-acetic mixture (1:1 v/v) for three days. The material

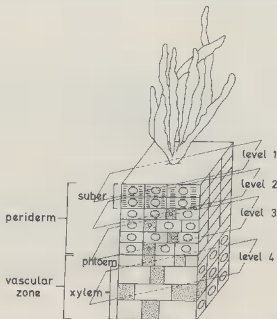


Fig. 1. – Diagram of the samples used for sequential sectioning. Longitudinal-tangential sections were obtained as shown in the diagram.

was then immediately processed for electron microscopy. Fixation and dehydratation were performed as previously described (ASCASO and GALVAN 1976). Embedding was done in Spurr type B (hard) (SPURR 1969) following a two steps procedure : the samples were horizontally introduced into lead-tin capsules (15, 7 and 4 mm) and conveniently embedded in resin. After heating at 70°C for 18 hours, the blocks were removed from the capsules and introduced perpendicularly to the bottom into standard gelatin capsules and the polymerization was prolonged for 24 hours more. Sections (1 µm) obtained with an OmU2 Reichert Ultratome and stained with methylene blue were used for examination under the light microscope. Thin section (600 Å) were post-stained with lead citrate (REYNOLDS 1963) for 18 minutes and examined on a Philips E.M. 300 electron microscope.

RESULTS

Light microscope observation of the lichen insertion point, in a transversal section of a branch (pl. 1.1), shows a raising of the suberous layers of the bark through which penetrates a compact bundle of hyphae, destroying the phorophyte cells. Sometimes (pl. 1.1), we observed a remarkable separation between cortex (periderm and phloem) and xylem, or the presence of hyphae between two layers of periderm (pl. 1.2).

A study of the lichen insertion in the branches has been made by sectioning the samples sequentially as is shown in fig. 1. Observations at the most external level (level 1 or insertion point) (pl. 1.3) revealed the presence of a dense mass of hyphae surrounding several fragments of suberified cell walls (pl. 1.4). At the next level (level 2), corresponding to the suberous layer of the periderm (pl. 2.1), the hyphae retained their internal structure and the thickness of their cell walls, showing a density similar to those described in the most external level (pl. 2.2). In this section, a spatial relation has been observed between hyphae and cellular fragments which were not so dispersed as those previously described.

A deeper level in the periderm (level 3) (pl. 2.3) presents cells which retain a more complete integrity, showing the penetration of hyphae between the cell walls of two adjoining cells (pl. 2.4).

At the level of vascular bundles (level 4), at its most external zone, hyphae have been observed in both intercellular spaces and inner part of the cells (pl. 3.1). Finally, at the most internal zone (pl. 3.2) hyphae are located inside the xylem elements, leaning against their cell walls (pl. 3.3, 3.4, 3.5 and 4.1). We can observe the penetration of hyphae through the wall of xylem element (pl. 4.2).

DISCUSSION

Before discussing the results, it is important to point out some of the difficulties encountered in embedding the samples. Besides the inherent problems to the lichen material per se, it was necessary to prepare for electron microscopy

part of the branches, which greatly complicated the problem. With the pre-treatment with phenol-acetic mixture a little ultrastructural resolution is lost, but more entire cuts of each zone can be obtained which are interesting to be studied. Pre-treatment, and use of a hard resin (Spurr type B) instead of normally employed one (Spurr type E) are necessary to embed together lichen thallus and branch tissues.

The views obtained with the light microscope reveal a separation between cortex (periderm and phloem) and xylem. This fact can be explained either by a mechanical traction produced in the thallus itself or by the effects of preparation of the samples.

Periderm appears very degraded by the action of hyphae. This observation could be explained as an attack similar to that produced by some parasitic fungi where hydrolytic enzymes play a main role (HALL and WOOD 1973).

The results confirm, at an ultrastructural level, the hypothesis of LINDAU (1895), PORTER (1917) and BRODO (1973), that the hyphae develop through the intracellular spaces in the phorophyte. Nevertheless, our observations support also the suggestion of FRANK (1877) and BONNIER (1889) on a real penetration of hyphae inside the cells. Our electron microscopic pictures show hyphae inside the xylem vessels. From these results and from the observed defoliation of oak branches (running from the insertion point of the lichen to the end of the branch), it may be concluded that the xylem invaded by lichen hyphae is a functioning tissue. This fact would provide a structural basis to OZENDA and CLAUZADE (1970) hypothesis which supposes a release of lichen acids into phorophyte cells. This release into xylem flow would assure acropetal translocation of lichen acids to leaves. The parasitic role of certain epiphytic lichens could so be established at a physiological level, since lichen acids are strong photosynthetic inhibitors (VICENTE and ESTEVEZ 1976) which could lead to defoliation.

ACKNOWLEDGMENTS. – We are grateful to Mr. F. Pinto, Mr. C. Macias and Miss T. Carnota for technical help.

REFERENCES

ASCASO C. and GALVAN J., 1976 – The ultrastructure of the Symbionts of *Rhizocarpon geographicum, Parmelia conspersa* and *Umbilicaria pustulata* Growing under Dryness Conditions. *Protoplasma* 87 : 409.

BONNIER G., 1889 – Recherches sur la synthèse des lichens. *Ann. Sci. Nat.*, sér. 7, 9 : 1.

BRODO I.M., 1973 – Substrate Ecology. In AHMADJIAN and HALE, The Lichens : 401-441, Academic Press, New York and London.

ESTEVEZ M.P., ORUS M.I. y VICENTE C., 1980 – Estudios morfologicos sobre *Evernia prunastri* de vida saprofitica. *Cryptog. Bryol. Lichénol.* 1 : 33-41.

FRANK A.B., 1877 – Ueber die biologischen Verhältnisse des Thallus einiger Krustenflechten. *Conn. Beitr. Biol. Pflanz.* 2 : 123.

FRY E.J., 1926 – The mechanical action of corticolous lichens. *Ann. Bot.* 40 : 397.

GRAM K. and JØRGENSEN E., 1953 – An easy, rapid and efficient method of counterstaining plant tissues and hyphae in wood sections by means of fast green and safranin. *Friesia* 4, 4-5 : 262.

HALL J.A. and WOOD R.K.S., 1973 – The killing of plant cells by pectolitic enzymes. In BRYDE and CUTTING, Fungal Pathogenicity and the Plant's Response : 19-38, Academic Press, London.

LINDAU G., 1895 – Lichenologische Untersuchungen. Heft. I. Ueber Wachstum und Anheftungsweise der Rindenflechten. Heinrich, Dresden.

OZENDA P. and CLAUZADE G., 1970 - Les Lichens : Étude biologique et flore illustrée. Masson, Paris.

PORTER L., 1917 - On the attachment organs of the common corticolous Ramalinae. *Proc. Roy. Irish Acad.*, Sect. B, 34 : 205.

REYNOLDS S., 1963 - The use of lead citrate at high pH as an electron-opaque stain in electron microscopy. *J. Cell Biol.* 17 : 200.

SPURR A.R., 1969 - A low-viscosity epoxy resin embedding medium for electron microscopy. *J. Ultrastruct. Res.* 26 : 31.

VICENTE C. and ESTEVEZ M.P., 1976 – Inhibition of photolysis by chloroatranorine in isolated chloroplasts from *Evernia prunastri* phycobiont. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Biol.)* 74 : 17.

EXPLANATION OF PLATES

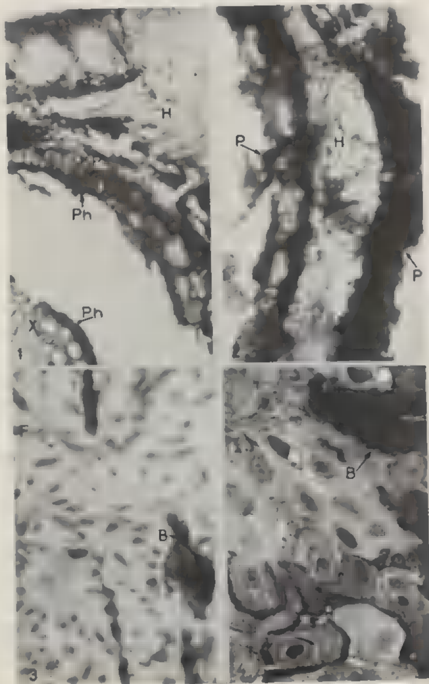
Key to lettering : Ph, phloem; H, hyphae; X, xylem; B, bark; P, periderm; F, fungal cell; sc, suberified cell; cf, cellular fragment; s, sclereids; pc, peridermal cell; pw, peridermal cell wall; vw, vessel element wall.

Pl. 1. – 1. Light micrograph of a transversal section of a branch in the insertion point of *Evernia prunastri* in *Quercus pyrenaica* bark. Gram and Jørgensen's method (x 360) – 2. Hyphae of *E. prunastri* invading the space between two separate layers of oak periderm. Gram and Jørgensen's method (x 540) – 3. Thin section (1 μ) of oak bark from level 1 (see fig. 1) showing a dense mass of fungal cells. Stained with methylene blue (x 3,600) – 4. Electron micrograph of a section from the same level as in 3 (x 5,600).

Pl. 2. – 1. Thin section (1 μ) of oak bark from level 2 (see fig. 1), showing the suberous layer of the periderm and a mass of hyphae penetrating. Stained with methylene blue (x 1,600) – 2. Section for Electron Microscope, from the same level as in 1 (x 5,000) – 3. Thin section (1 μ) of oak bark from level 3 (see fig. 1), showing the most internal layer of the periderm. Stained with methylene blue (x 1,600) – 4. Section for Electron Microscope from the same level as in 3. A collapsed hyphae between two adjacent cell walls (x 13,000).

Pl. 3. – 1. Hyphae found near the walls of two adjacent cells, from the external zone of vascular bundles. Electron microscopic observation (x 8,600) – 2. Thin section (1 μ) from level 4 (see fig. 1), showing the xylem vessels. Stained with methylene blue (x 1,050) – 3. Section for Electron Microscope from the same level as in 2. Longitudinal section of a hyphae located along a wall of xylem element (x 5,000) – 4. and 5. Sections as in 3. Transversal and longitudinal sections of hyphae over a thickening of vessel wall (x 12,500 and 9,100).

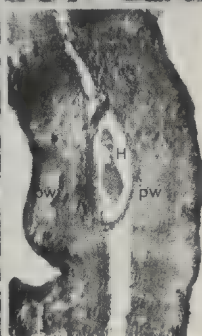
Pl. 4. – 1. Sections as in pl. 3,3. Transversal sections of two hyphae, one of them located along a wall of a xylem element, another near the lignified thickening. The primary wall is still present (x 5,600) – 2. Sections for Electron Microscope as above. Section of a hyphae penetrating through a wall of a xylem element (x 7,100).

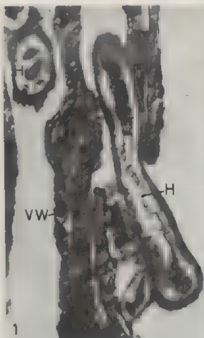

H
Ph
Ph
X
1
P
H
P
F
B
3
B

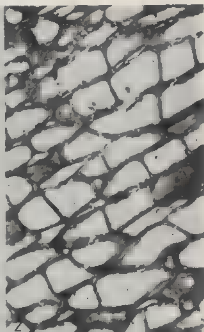

sc
H
sc
1


cf
H
2

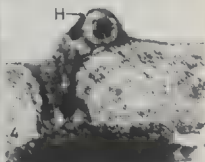

s
p
3

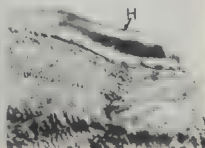

H
pw
pw


H
H
VW
1


2


H
3


H
4


H


H
H
1


2

INFLUENCE OF HEAVY METAL IONS ON THE GAS EXCHANGE OF MOSSES

H.-P. HASELOFF and S. WINKLER*

ZUSAMMENFASSUNG. Als Kriterium zur Stressbelastung durch wässrige Schwermetall-lösung von $Zn(NO_3)_2$, $Cd(NO_3)_2$ und $Pb(NO_3)_2$ wurde bei den Moosen *Scleropodium purum, Pleurozium schreberi* und *Hypnum cupressiforme* die Minderung der Photosynthese verwendet. Nach Einzelinkubationen sank der Wert der Photosynthese exponentiell mit steigender Belastung. Neben Kurzzeiteffekten konnten auch Langzeiteffekte beobachtet werden. Die drei untersuchten Moosarten zeigen artspezifische Unterschiede in der Empfindlichkeit. Verschiedene Schwermetallverbindungen gleicher Konzentration zeigen unterschiedliche Belastungserscheinungen. Die konzentrationsabhängige Schädigung der Photosynthese kann zahlenmässig erfasst werden. Damit konnte ein objektiver Massstab für die Erfassung der Empfindlichkeit gegen bestimmte Schwermetallbelastung gefunden werden.

INTRODUCTION

Long before experimental data on the distribution of mosses were known, it was realized, that reactions of bryophytes on environmental changes and pollution were more sensitive than those of higher plants. In cities and industrial areas for example it was noticed, that cryptogams disappeared not only due to changes in their living space, but also due to air pollution. This was demonstrated by mapping studies of particular species (DALY 1970, TAODA 1972, LEBLANC et al. 1974, DÜLL 1974, WITTENBERGER 1975).

In these studies it was noticed, that different species showed various sensitivities. The environmental stress at a certain site was rarely quantitatively analyzed. A number of pollution factors, however, were analyzed in single factor investigations. Discussion regarding the remaining factors, was generally not adequate.

* Abteilung Spezielle Botanik, University of Ulm, Germany.

Cryptog., Bryol. Lichénol., 1980, 1, 1 : 53-65.

Experimental investigation of the amount of photosynthesis of mosses under natural conditions showed a very large intraspecific variation (NOWAK 1973) inspite of careful sampling at the same site. Due to this variation it seemed to be impossible, to obtain data on quantifiable stress reactions from plants in respect to quality and quantity of environmental pollution.

The «Fangpflanze»-concept (accumulating plant) (SORAUER 1911) apparently offered another way. Here the rate of heavy metal accumulation could be analyzed and to a certain extent the content of heavy metals and pollution could be brought in relation (KELLER and PREIS 1967, SUCHODOLLER 1967, GOODMAN and ROBERTS 1971, LEBLANC et al. 1974, LÖTSCHERT et al. 1975, STEUBING and KIRSCHBAUM 1976).

It is possible to investigate damages in uptake studies simulating a certain environmental pollution. This was frequently done by measuring individual enzyme activities (HÖLL and HAMPP 1975, WONG and GOVINDJEE 1976, MAIER 1977). In the case of photosynthesis an integrated damaging effect on a group of enzymes was noticed. Therefore changes in photosynthetic activity present a very delicate, although physiologically unspecified indication of natural as well as experimental pollution factors. Of special advantage is, that measurements can be done with living objects for any period and that the method is nondestructive.

The use of cryptogams not only as accumulator plants but also as physiological indicators presupposes that the physiological response to a certain compound as occurring in the concentration range in polluted areas is known. Although some experimental data are known, nevertheless the available information is too scanty for generalisations. Therefore model experiments are necessary to investigate standard responses of plants thought to be bioindicators. These studies similar to those with higher plants, are indispensable for cryptogams and a prerequisit for their qualitative and quantitative use (WINKLER 1977).

Therefore we carried out experimental pollution experiments under standardized conditions. In the course of these studies bryophytes proved more suitable, and in comparison to the lichens more sensitive objects. The most important condition for such measurements were standardized sampling and culture requirements to achieve comparable and uniform results (SEIDEL 1975).

Inspite of careful selection and standardized pretreatment of the experimental objects, the variation in response was still relatively high. Reproducible results could only be obtained with a sufficiently large number of repeated measurements and subsequent statistic analysis.

In this paper sampling in the field, pretreatment and test methods in the laboratory will be presented, and by a concrete example, the possibility of the mathematical presentation of one of the reactions will be demonstrated.

MATERIAL AND METHODS

Sampling

The bryophytes were collected within a protected area in the vicinity of Tübingen which has an optimal growth of mosses and lichens (KÖHLE and WINKLER 1973). To avoid errors in the results a certain distance to possible influences of contaminating sources, like roads, industrial sites or larger places was observed. Because of the strong filtering effects of hedges and trees (STEUBING u. KLEE 1970, KELLER 1974) a location surrounded by forest was chosen.

For every «standardization» some limits are set, when using field material. Due to the intraspecific variability caused by ecological and genetical factors such as light intensity, exposition, moisture, distance from the forest border, genetic variation etc., the amount of photosynthesis is fluctuating by the factor 2 to 3. Comparable results can only be obtained, when a homogeneous layer – possible clonal material – is available from a certain species within a limited area. Deviations of photosynthesis then are reduced to 5-10%.

From [redacted] uniform area with [redacted] size of at least 1/2 square meter a quantity of the wanted species was collected for all experiments, enough for a complete series of measurements. Under these conditions only can the same prerequisites at the natural habitat be assumed. This is an important point for the general comparability of the results obtained.

Some of the most common and wide spread mosses of the forest floor, *Scleropodium purum* (L.) Limpr., *Pleurozium schreberi* (Willd.) Mitten and *Hypnum cupressiforme* L., were selected for the experiments of the following study. The three species subsequently are abbreviated as *Scp*, *Pls* and *Hyc*.

Pretreatment

To get comparable starting points for the following measurements, the mosses were subjected to [redacted] adaptation with regard to moisture and temperature. The treatment during that phase has a decisive influence upon the sensitivity to heavy metal ions.

In the laboratory the samples were thoroughly watered and cleaned and at the same time mixed. The plant material then was preserved for at least 48 hours within an air-conditioned chamber. The conditions were set at 15°C, 5 Klux and 12 hours light/dark cycle.

During this period a supply with water was necessary. Bryophytes possess the capacity to absorb liquid water by the entire surface, as well as the ability to utilize the water content of the atmosphere to a certain degree (MÄGDEFRAU 1931, LANGE 1969). The water therefore can be applied by two me-

thods. The samples were kept in open glass dishes (height 10 cm, diameter 30 cm) and sprayed with water every day - or stored in closed glass dishes with different relative humidity after a careful initial moistening. It was noticed that bryophytes kept over a longer time under optimally watered conditions showed in proportion to this time a higher value in net-photosynthesis. At the same time the influence on photosynthetic reactions is strengthened (BLEICHER 1976). Twice a day spraying with water achieves a medium sensitivity, with a single spray a low and with a thrice daily spray a high sensitivity could be induced.

For reasons of reproducibility it was preferred, to keep the plants in an atmosphere of known relative humidity. All samples were spread out in glass dishes upon moist filter paper, the relative humidity then amounted to about 95-98%.

Measurement of gas metabolism

All measurements of net-photosynthesis were done by an Infrared-gasanalyzer (UNOR 2, Maihak, Hamburg) at 15°C, 10 Klux (OSRAM HQL 400 Watt), and a flux of compressed air of 10 l/h. The values were recorded by a point-printer (LINSEIS LINOCOD 12). Dimming of the cuvette was avoided with the help of a water bath, the temperature of which was set at 15°C. The upper edge of the gas-exchange chamber had to be at least 3 cm below water level (KUNSCH 1973, NOWAK 1973). In the experiments with *Scp* and *Pls* 10 shoots of 20-25 mm length measured from the top of each species were cut off and used for incubation, in the case of *Hyc* the entire green gametophyte.

In the following text NPS stands for the term of net-photosynthesis of the mosses and NPS_{HM} for the term of net-photosynthesis after incubation with heavy metals.

To get data of NPS, which served as a reference point for the NPS_{HM} the samples were soaked for at least 5 minutes to achieve the required water saturation for optimal photosynthesis processes. Excess water was removed by filter paper because on the one hand a water film inhibits assimilation (RIED 1960), and on the other increases the time until the maximal value of photosynthesis is reached. The values were attained depending on the various species within 30-60 minutes; loss of water during this period was fluctuating between 14-31% and was not compensated after the measurements.

The dry weight which served as reference basis for all photosynthetic values, was determined after a two days'storage in an exsiccator at 110°C.

Application of heavy metal compounds

As cryptogams are able to absorb substances with the whole surface, heavy metal compounds in dilute aqueous solutions can be used for incubations.

Aqueous solutions of nitrates of zinc, cadmium and lead served as inoculation

mediums. Since solutions of these salts have the properties of cationic acids, freshly prepared solutions of these compounds cannot be used. Solutions aged one day proved to be satisfactory.

24 hours befor the start of the experiments stock solutions containing 10 m Mol/l were prepared in DURAN glass flasks, while smaller concentrations were obtained from it by dilution. The storage up to concentrations of 0,1 m Mol/l was carried out for the duration of an experimental series in the above mentioned glass flasks. To keep errors caused by cation exchange with the glass wall in justifiable limits, even smaller concentrations were freshly prepared every day from the stock solution.

In standard experiments with the determination of NPS, the samples were incubated by gently shaken for 30 minutes in a 250 ml beaker containing a solution of 100 ml. After briefly dipping the plants into water, the NPS_{HM} immediatly afterwards was measured. By comparing the values of NPS and NPS_{HM} of every sample those samples with strongly differing reactions as to the results obtained in NPS as well as to the stress situation could be judged and eliminated, which radically increases the accuracy of the results.

RESULTS

In the experiments with the three species and three heavy metals – beginning with a certain threshold concentration – immediatly after incubation a measurable decrease of the NPS took place, the decrease ensuing exponentially with rising concentrations from 0,01 to 1 m Mol/l, at higher concentrations saturation effects may appear (fig. 1). The graph of photosynthetic decrease against the logarithm of concentration after single incubations is a straight line.

The three species show remarkable differences in their responses to the heavy metal compounds and it is thought that these compounds possess different degrees of toxicity (fig. 2).

With repeated incubations with one inoculation per day the photosynthesis shows further decrease. The decrease is a process related to the concentration of heavy metals (fig. 3).

Splitting the total period of incubation into small time intervals of incubation with one incubation per day so, that the product of a number of incubations with the concentration is the same, damages are increasing with the number of incubations. The decrease of net photosynthesis in *Scp* by a single incubation for example with a 5×10^{-3} Mol/l solution of lead nitrate is already achieved by 3 incubations of 10^{-3} Mol/l solution and this corresponds to a supply of lead nitrate of only 60% (fig. 3).

These reactions might be explained by the fact, that the photosynthetic rate measured immediatly after incubation is not absolutely constant, but decreases further after some time.

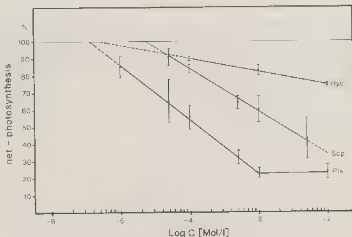


Fig. 1. — Net-photosynthesis of *Hypnum cupressiforme* (*Hyc*), *Scleropodium purum* (*Scp*) and *Pleurozium schreberi* (*Pls*) after treatment of 30 minutes with $Pb(NO_3)_2$, plotted against the logarithm of the concentration of the incubation medium.

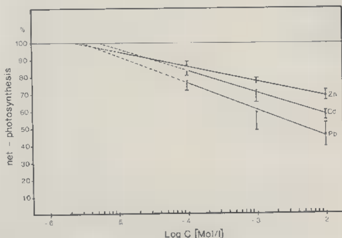


Fig. 2. — Net-photosynthesis of *Scleropodium purum* (*Scp*) after treatment of 30 minutes with $Zn(NO_3)_2$, $Cd(NO_3)_2$ and $Pb(NO_3)_2$ plotted against the logarithm of the concentration of the incubation medium.

DISCUSSION

It is shown, that bryophytes in comparison to higher plants have substantially stronger accumulation rates. The concentration factors are about 10 times larger (ERNST 1974).

While numerous studies concerning gaseous pollutants and bryophytes under standardized conditions are existing (GRÖZINGER 1974, TÜRK and WIRTH 1975, PEARSON and SKYE 1965, ZIEGLER 1975, NEEF 1976), the number of publications dealing with experimental heavy metal pollution is less (PICKERING and PUIA 1969, RÜHLING and TYLER 1970, BRIGGS 1972, BROWN and BATES 1972, GULLVÅG et al. 1974, COOMBES and LEPP 1974, FRAHM 1976, SIMOLA 1977a, 1977b). In the extensive investigation by URL (1956) the high heavy metal resistance of the so called «copper-mosses» like *Mielichhoferia* has already been proved.

While natural and also anthropogenic pollution at certain habitats might be diagnosed by the heavy metal content of the autochtonous or transplanted mosses (RÜHLING and TYLER 1969, 1970, 1971, HUCKABEE 1973, MONDANO and SMITH 1974, RATCLIFFE 1975, GROET 1976, MÜLLER 1976, PAKARINEN and TOLONEN 1976, RASMUSSEN and JOHNSEN 1976, WALLIN 1976), in our studies we used changes of photosynthesis as a parameter of damage, because photosynthesis is a very sensitive process as a result of various enzymatic reactions and quickly indicates a stress situation. Other possibilities are the cultivation of bryophytes on contamined substrate and subsequent determination of growth rate, yield, heavy metal content etc. (BRIGGS 1972, COOMBES and LEPP 1974, KRUPINSKA 1976, LEPP and ROBERTS 1977).

Should changes of physiological processes be drawn upon in the use of organisms as bioindicators, an accurate knowledge of the damaging effects of the compound in question is a prerequisite which can only be gained from experimental stress reactions (LEBLANC and RAO 1974, WIELGOLASKI 1975).

The fact, that immediately after incubation an effect can be recorded, demonstrates, that the primary uptake with binding at the cell wall is followed by at least a partial further transport to the cytoplasma, which immediately manifests itself as damaging impact.

This transport from the cell wall is also documented by the further decrease of NPS_{HM} after some time, as a longtime effect results additionally from every incubation — apart from the immediately measurable damage — which can best be grasped by a single incubation and registration of photosynthesis during some days (fig. 3).

This explains, that damages are stronger, when a certain amount of heavy metal is distributed over the range of some days, as then, some long-time effects can be ascertained too. A recovery as in the case of SO_2-treatment (NEEF 1976) could not yet be observed.

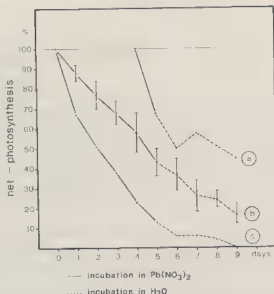


Fig. 3. — Long-time effects of $Pb(NO_3)_2$ on net-photosynthesis of *Scleropodium purum* (*Scp*). – a) Single incubation at a concentration of 5 m Mol/l, four incubations in water. – b) Five incubations at a concentration of 1 m Mol/l, four incubations in water. – c) Five incubations at a concentration of 5 m Mol/l, four incubations in water.

Since photosynthesis after single incubations decreases exponentially in relation to concentration, there is the possibility to describe these reactions by mathematic formulas. Plotting the percentage of relative photosynthesis against the logarithm of concentration, with regard to standard deviations of the measuring points a straight line with the general formula a.Log Conc. + b = % NPS is obtained in the three species hitherto investigated.

By means of this formula the limit concentration (C_{100}) by which a damage still occurs, can be calculated.

The sensitivity of a species or the influence of any substance therefore can be characterized – if it influences the photosynthesis in this way – by the inclination of the regression line and the C_{100} calculated by its help. It is important to mention, that regression lines are only defined for concentration ranges in which the measurements have been performed. At high concentrations by saturation effects and plasmolysis deviations from factual behaviour may occur.

The concentrations where damages begin to appear, cannot be obtained experimentally, because the determined values are within the ranges of variation of NPS. These limit concentrations can only be determined by regression lines.

The values mathematically predicted might however reflect the real facts.

The results indicate, that a spectrum of species is not to be proved by the reaction to a single concentration, a larger concentration range only gives exact information about the sensitivity of a species or about the toxicity of an interesting substance.

With model experiments it is therefore possible to predict different sensitivities mathematically and thus get closer to the ideas of FRAHM (1976) and may help to explain on one side the disappearance of some species under natural conditions and on the other side to choose mosses for transplant experiments as «standardized bioindicators».

Mosses as transplants or autochthonous plants live at concentrations normally much lower than in experimental studies. At the same time in nature they are well adapted to their environment and probably in a more resistant condition and finally the irregularity and variability of environmental stress may exert an essential role on plant metabolism. Whereas sensitive species in heavy metal habitats are genetically low adapted races and disappear at more intensive stress, a relatively high resistance was found for some species in areas with anthropogenous pollution. This was linked to high accumulation rates (RÜHLING and TYLER 1971, BRIGGS 1972, HUCKABEE 1973, MONDANO and SMITH 1974, WALLIN 1976).

The highest concentrations used in this study (10 m Mol/l = 654 ppm Zn, 1124 ppm Cd and 2072 ppm Pb) compared to those in their habitats, seem to be very high. One should, however, consider, that the duration of the incubation is only 30 minutes, while mosses in their natural habitats or as transplanted samples have to exist for a longer time in an environment with more or less permanently changing concentrations of certain compounds. Therefore it can be assumed that those integration effects are definitely comparable to concentrations in our experiments.

High concentrations are especially necessary to construct the regression lines – higher concentrations for this are required to calculate the undeterminable effects of smaller concentrations.

A further apparent discrepancy between natural and experimental contamination might be the fact, that in model experiments the heavy metal compound is offered in a soluble form – and therefore easily absorbed by mosses. In natural habitats those compounds are often presented in a badly soluble form.

When NPS_{HM} is measured, only the influence of plant available quantity is physiologically active and therefore recorded. The damage, however, is only caused by the heavy metal cation inside the cell, for this reason it is irrelevant in which form for example compounds of lead are presented or in which manner they exist outside the cell.

From these considerations it is to conclude, that true statements regarding pollution or sensitivity of a certain species are only possible, if in addition to

the quantity of absorbed toxic substances over a certain space of time, the changes of a suitable biological parameter are simultaneously compared. Against strong pollution the organisms are resistant in various degrees, according to their morphological construction. As in many cases the formation of the receiving surface and the cell wall act as natural barrieres, these factors might also contribute towards an explanation of «avoidance» behaviour (LEVITT 1972, TÜRK et al. 1974).

With the help of such model experiments those species can be selected, which react clearly and as sensitive as possible so that these correlations between effects of pollutions and physiological response may be drawn up.

ACKNOWLEDGEMENTS. — We are especially grateful to Dr. H. Muhle for his helpful discussions. We would also like to thank Mrs. V. Haseloff for the help at the translation and Mr. A. Hipp fot the critical review of the manuscript.

REFERENCES

BLEICHER H., 1976 — Schadwirkungen im Gasstoffwechsel bei Waldbodenmoosen nach Belastungen mit Blei. Staatsexamensarbeit, Tübingen.

BRIGGS D., 1972 — Population differentiation in *Marchantia polymorpha* in various lead levels. *Nature* 238 : 166-167.

BROWN D.H., BATES J.W., 1972 — Uptake of lead by two populations of *Grimmia doniana*. *J. Bryol.* 7 : 187 193.

COOMBES A.J., LEPP N.W., 1974 — The effect of Cu and Zn on the growth of *Marchantia polymorpha* and *Funaria hygrometrica*. *Bryologist* 77 : 447-452.

DALY G.T., 1970 – Bryophyte and lichen indicators of air pollution in Christchurch, New Zealand. *Proc. New Zealand Ecol. Soc.* 17 : 70-79.

DÜLL R., 1974 – Neuere Untersuchungen über Moose als abgestufte ökologische Indikatoren für die SO_2-Immissionen im Industriegebiet zwischen Rhein und Ruhr bei Duisburg. VDI-Kommission Reinhaltung der Luft, Duisburg.

ERNST W., 1974 — Schwermetallvegetation der Erde. Fischer, Stuttgart.

FRAHM J.-P., 1976 — Transplantationsversuche mit epigäischen Moosen zur Eichung von Bioindikatoren für die Luftverschmutzung. *Natur und Landschaft* 51 : 19-22.

GOODMANN G.T., ROBERTS T.M., 1971 — Plants and soils as indicators of metals in the air. *Nature* 231 : 287-292.

GROET S.S., 1976 – Regional and local variations in heavy metal concentrations of bryophytes in the northeastern United States. *Oikos* 27 : 445-456.

GRÖZINGER O., 1974 — Untersuchungen zur Kennzeichung von Gasschäden an *Marchantia polymorpha* mit Hilfe von Leitfähigkeits- und Gasstoffwechselmessungen. Dissertation, Tübingen.

GULLVÅG B.M., SKAAR H., OPHUS E.M., 1974 — An ultrastructural study of lead

accumulation within leaves of *Rhytidiadelphus squarrosus* (Hedw.) Warnst. A comparison between experimental and environmental poisoning. *J. Bryol.* [illegible] : 117-122.

HASELOFF H.-P., 1975 – Untersuchungen über den Einfluss von Bleiionen auf die apparente Photosynthese und die Atmung von *Hypogymnia physodes* mit Hilfe von CO_2-Gasstoffwechselmessungen. Staatsexamensarbeit, Tübingen.

HÖLL W., HAMPP R., 1975 – Lead and plants. *Residue Review* 54 : 79-111.

HUCKABEE J.W., 1973 – Mosses : Sensitive indicators of airborne mercury pollution. *Atmos. Environ.* 7 : 749-754.

KELLER Th., PREIS H., 1967 – Der Bleigehalt von Fichtennadeln als Indikator einer verkehrsbedingten Luftverunreinigung. *Schweiz. Z. Forstwesen* 118 : 143-162.

KELLER Th., 1974 - Über die Filterwirkung von Hecken für verkehrsbedingte staubförmige Luftverunreinigungen, insbesondere Bleiverbindungen. *Schweiz. Z. Forstwesen.* 125 : 719-735.

KÖHLE U., WINKLER S., 1973 – Produktion und Konkurrenzverhältnisse der Flechten am Märchensee bei Tübingen (SW-Deutschland). *Beitr. Biol. Pfl.* 49 : 251-271.

KRUPINSKA I., 1976 – Influence of lead tetraethyl on the growth of *Funaria hygrometrica* L. and *Marchantia polymorpha* L. *Acta Soc. Bot. Pol.* 45 : 421-432.

KUNSCH K., 1973 Untersuchungen zur Ökologie und zur Stoffproduktion von *Polytrichum formosum*. Dissertation, Tübingen.

LANGE O.L., 1969 - CO_2-Gaswechsel von Moosen nach Wasserdampfaufnahme aus dem Luftraum. *Planta* 89 : 90-94.

LeBLANC F., RAO D.N., 1974 – A review of the literature on bryophytes with respect to air pollution. *Bull. Soc. bot. France*, Coll. Bryologie 121 : 237-255.

LeBLANC F., ROBITAILLE G., RAO D.N., 1974 Biological response of lichens and bryophytes to environmental pollution in the Murdochville copper mine area. Quebec. *J. Hattori Bot. Lab.* 38 : 405-433.

LEPP N.W., ROBERTS M.J., 1977 – Some effects of cadmium on growth of bryophytes. *Bryologist* 80 : 533-536.

LEVITT J., 1972 - Responses of plants to environmental stresses. New York, London, Academic Press.

LÖTSCHERT W., WANDTNER R., HILLER H., 1975 – Schwermetallanreicherungen bei Bodenmoosen in Immissionsgebieten. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.* 88 : 419-431.

MÄGDEFRAU K., 1931 - Untersuchungen über die Wasserdampfaufnahme der Pflanzen. *Z. Bot.* 24 : 417-450.

MAIER R., 1977 – Der Einfluss von Blei auf die Aktivität der Esterase und ihrer multiplen Formen. *Biochem. Physiol. Pflanzen* 171 : 455-468.

MONDANO M., SMITH W.H., 1974 – Mercury contents of soil, mosses and conifers, along an urban-suburban transect. *Environ. Conserv.* 1 : 201-204.

MÜLLER M., 1976 - Beziehungen zwischen dem Bleigehalt von Fliessgewässern und den darin befindlichen Makrophyten. Staatsexamensarbeit, Tübingen.

NEEF W., 1976 – Zur Reaktion von Moosen auf SO_2-Belastungen bei unterschiedlicher Hydratur. Staatsexamensarbeit, Tübingen.

NOWAK R., 1973 – Vegetationsanalytische und experimentell-ökologische Untersuchungen über den Einfluss der Luftverunreinigung auf rindenbewohnende Flechten. Dissertation, Tübingen.

PAKARINEN P., TOLONEN K., 1976 – Studies on the heavy metal content of ombrotrophic *Sphagnum* species. *Proc. 5th Int. Peat Congr.* 2 : 264-275.

PEARSON B.R.R., SKYE E., 1965 – Air pollution affects pattern of photosynthesis in *Parmelia sulcata*, a corticolous lichen. *Science* 148 : 1600-1602.

PICKERING D.C., PUIA I.L., 1969 - Mechanism for the uptake of zinc by *Fontinalis antipyretica*. *Physiol. Plant.* 22 : 653-661.

RASMUSSEN L., JOHNSON I., 1976 – Uptake of minerals, particularly metals, by epiphytic *Hypnum cupressiforme*. *Oikos* 27 : 483-487.

RATCLIFFE J.M., 1975 – An evaluation of the use of biological indicators in an atmospheric lead survey. *Atmos. Environ.* 9 : 623-629.

RIED A., 1960 – Thallusbau und Assimilationshaushalt von Laub- und Krustenflechten. *Biol. Zbl.* 79 : 129-151.

RÜHLING Å. and TYLER G., 1969 – Ecology of heavy metals - a regional and historical study. *Bot. Notiser* 122 : 248-259.

RÜHLING Å and TYLER G., 1970 – Sorption and retention of heavy metals in the woodland moss *Hylocomium splendens* (Hedw.) Br. et Sch. *Oikos* 21 : 92-97.

RÜHLING Å. and TYLER G., 1971 - Regional differences in the deposition of heavy metals over Scandinavia. *J. Appl. Ecol.* 8 : 497-507.

SEIDEL D., 1975 – Quantitativ-analytische Erfassung und experimentell-ökologische Untersuchung der Moosvegetation in Fichtenwäldern des Schönbuchs und der Schwäbischen Alb (SW-Deutschland). Dissertation, Tübingen.

SIMOLA L.K., 1977a – The tolerance of *Sphagnum fimbriatum* towards lead and cadmium. *Ann. Bot. Fenn.* 14 : 1-5.

SIMOLA L.K., 1977b – The effect of lead, cadmium, arsenate and fluoride ions on the growth and fine structure of *Sphagnum nemoreum* in aseptic culture. *Can. J. Bot.* 55 : 426-435.

SORAUER P., 1911 – Die makroskopische Analyse rauchgeschädigter Pflanzen. *Samml. Abhandl. Abgase und Rauchschäden* 7 : 1-58.

STEUBING L., KIRSCHBAUM U., 1976 – Immissionsbelastung der Strassenrandvegetation. *Natur u. Landschaft* 51 : 239-244.

STEUBING L., KLEE R., 1970 – Vergleichende Untersuchungen zur Staubfilterwirkung von Laub- und Nadelgehölzen. *Angew. Bot.* 44 : 73-85.

SUCHODOLLER A., 1967 – Untersuchungen über den Bleigehalt von Pflanzen in der Nähe von Strassen und über die Aufnahme und Translokation von Blei durch Pflanzen. *Ber. Schw. bot. Ges.* 77 : 266-308.

TAODA H., 1972 – Mapping of atmospheric pollution in Tokyo based upon epiphytic bryophytes. *Jap. J. Ecol.* 22 : 125-133.

TÜRK R., WIRTH V., 1975 – Über die SO_2-Empfindlichkeit einiger Moose. *Bryologist* 78 : 187-193.

TÜRK R., WIRTH V., LANGE O.L., 1974 – CO_2-Gaswechsel-Untersuchungen zur SO_2-Resistenz von Flechten. *Oecologia* 15 : 33-64.

URL W., 1956 – Über Schwermetall-, zumal Kupferresistenz einiger Moose. *Protoplasma* 46 : 768-793.

WALLIN T., 1976 – Deposition of airborne mercury from six Swedish chloralkali plants surveyed by moss analysis. *Environ. Pollut.* 10 : 101-114.

WIELGOLASKI F.E., 1975 – Biological indicators on pollution. *Urb. Ecol.* 1 : 63-79.

WINKLER S., 1977 – Flechten und Moose als Bioindikatoren : 155-176. In : FREY W., HURKA H., OBERWINKLER F. : Beiträge zur Biologie der niederen Pflanzen. Fischer, Stuttgart.

WITTENBERGER G., 1975 – Moose als mögliche Bioindikatoren für Luftverschmutzung dargestellt am Beispiel von Offenbach am Main. *Natur und Landschaft* 50 : 143-145.

WONG D., GOVINDJEE 1976 – Effects of lead ions on photosystem I in isolated chloroplasts : Study on the reaction center P 700. *Photosynthetica* 10 : 241-254.

ZIEGLER I., 1975 – The effect of SO_2 pollution on plant metabolism. *Residue Review* 56 : 79-105.

MISCELLANEA BRYOLOGICA II.

Classification of RHIZOGONIUM Brid., PENZIGIELLA HOOKERI Gangulee, and some nomina nuda[1, 2]

G. MANUEL *

ABSTRACT. – *Pyrrhobryum* Mitt. with two sections, *Pyrrhobryum* sect. *Pyrrhobryum* and *Pyrrhobryum* sect. *Bifariella* (C. Müll.) Manuel, stat. nov., is recognized as a distinct genus separated by five character states from *Rhizogonium* Brid. Seventeen infrageneric taxa are transferred to *Pyrrhobryum*. *Penzigiella hookeri* Gangulee is reduced to the synonym of *Penzigiella cordata* (Hook.) Fleisch. *Rhynchostegiellopsis* Broth. ex Buck, *Prionodon moseni* Broth. ex Griffin, and *Schistomitrium* Dix. ex Johnson are nomina nuda.

1. CLASSIFICATION OF *RHIZOGONIUM* BRID.

INTRODUCTION. – The pantropic genus *Rhizogonium* Brid. as circumscribed by BROTHERUS (1924) consists of four sections (*Rhizogonium*, *Bifariella* (C. Müll.) Broth., *Pleuropelma* (C. Müll.) Broth., and *Pyrrhobryum* (Mitt.) Broth.) Thirteen of the twenty-eight species of *Rhizogonium* s. l. occur in southeast Asia. The concept of *Rhizogonium* held by BROTHERUS is that of a rather loose and heterogeneous assemblage of species. A more homogeneous clustering of species into genera can be brought about by a phenetic reinterpretation of the eight character states utilized by BROTHERUS for his infrageneric classification (vide Chart I). Five character states, four gametophoric and one sporophytic are used to delimit two genera, i.e. *Rhizogonium* Brid. s.s. and *Pyrrhobryum* Mitt. emend. Manuel. Two additional gametophoric character states delimit sect. *Pyrrhobryum* and *Bifariella* within *Pyrrhobryum*. Sect. *Pleuropelma* is consectional with sect. *Bifariella*. Recent cytological studies by INOUE and

1. Part I of this series was published in the *Bryologist* 80 : 198-201.
2. I thank Dr. B.C. Stone, Universiti Malaya for reading the manuscript and Dr. N.G. Miller, Harvard University for help with the literature.

* Jabatan Botani, Universiti Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia.

Cryptog., Bryol. Lichénol., 1980, 1, 1 : 67-72

Brotherus, 1924	Rhizogonium Brid.			
	Sect. Rhizogonium	Sect. Bifariella	Sect. Pleuropelma	Sect. Pyrrhobryum
Manuel	Rhizogonium Brid. s.s.	Pyrrhobryum Mitt. emend. Manuel		
		Sect. Bifariella		Sect. Pyrrhobryum
Character states for all taxa	Leaves - distichous - borders unistratose - margins with single teeth - costa dorsally smooth Thecae - almost without necks	Leaves - not distichous - borders multistratose - margins with double teeth - costa dorsally toothed Thecae - with distinct necks		
	Stems with rhizoids at base Perichaetia at base of gametophores	Stems with compacts tomentum Perichaetia lateral on gametophores		Stems with rhizoids at base Perichaetia at base of gametophores
	Leaves not decurrent	Leaves long decurrent	Leaves not decurrent	
Inoue & Iwatsuki, 1976	n = 5	Chormosome number unknown	n = 7	n = 6, 12

Chart I. - Summary of the classification of *Rhizogonium* sensu BROTHERUS (1924) et sensu Manuel.

IWATSUKI (1976) provide further support (vide Chart I) for the above classification, although more cytological work needs to be done with additional species.

CONSPECTUS. – The following is a conspectus of the genus *Pyrrhobryum* sensu Manuel with new combinations where necessary.

***PYRRHOBRYUM* Mitt. emend. Manuel,** *J. Linn. Soc. Bot.* 10 : 174. 1868.

Section *Pyrrhobryum*. *Rhizogonium* sect. *Pyrrhobryum* (Mitt.) Mitt., *J. Linn. Soc. Bot.* 12 : 326. 1869. – *Mnium* subsect. *Pyrrhobryum* (Mitt.) C. Müll., Gen. Musc. Frond. : 139. 1900. **Lectotype** : *Pyrrhobryum spiniforme* (Hedw.) Mitt. Vide nomen. note 1.

Pyrrhobryum armatum (Sak.) Manuel, comb. nov. – *Rhizogonium armatum* Sak., *Bot. Mag. Tokyo.* 55 : 207-208, fig. 5. 1941 (basionym).

Pyrrhobryum brevifolium (Broth.) Manuel, comb. nov. - *Rhizogonium brevifolium* Broth., *Oefvers. Förh. Finska Vetensk.-Soc.* 33 : 1891 (basionym).

Pyrrhobryum latifolium (Bosch. & Lac.) Mitt., *J. Linn. Soc. Bot.* 10 : 175. 1868.

Pyrrhobryum longiflorum Mitt., *J. Linn. Soc. Bot.* 10 : 174. 1868.

Pyrrhobryum mauritianum (Hamp. ex Besch.) Manuel, comb. nov. – *Rhizogonium mauritianum* Hamp. ex Besch., *Ann. Sci. Nat. Bot.* sér. 6, 10 : 242. 1880 (basionym).

Pyrrhobryum medium (Besch.) Manuel, comb. nov. – *Rhizogonium medium* Besch., *Ann. Sci. Nat. Bot.* sér. 5, 18 : 217. 1873 (basionym).

Pyrrhobryum medium var. *brevisetum* (Thér.) Manuel, comb. nov. – *Rhizogonium medium* var. *brevisetum* Thér., *Rev. Bryol.* 48 : 26. 1921 (basionym).

Pyrrhobryum medium var. *laxifolium* (Thér. in Sarasin & Roux) Manuel, comb. nov. - *Rhizogonium medium* var. *laxifolium* Thér. in Sarasin & Roux, Nov. Caled. Bot. : 26. 1914 (basionym).

Pyrrhobryum nova-caledoniae (Besch.) Manuel,comb. nov. – *Rhizogonium nova-caledoniae* Besch.. *Ann. Sci. Nat. Bot.* sér. 5, 13 : 217. 1873 (basionym).

Pyrrhobryum paramattense (C. Müll.) Manuel, comb. nov. – *Mnium paramattense* C. Müll., Syn. Musc. 2 : 555. 1851 (basionym).

Pyrrhobryum pungens (Sull.) Mitt., *J. Linn. Soc. Bot.* 10 : 174. 1868.

Pyrrhobryum setosum Mitt., *J. Linn. Soc. Bot.* 10 : 174. 1868.

Pyrrhobryum spiniforme (Hedw.) Mitt., *J. Linn. Soc. Bot.* 10 : 174. 1868.

Pyrrhobryum spiniforme var. *spiniforme*.

Pyrrhobryum spiniforme var. *acunhense* (Besch.) Manuel, comb. nov. - *Rhizogonium spiniforme* var. *acunhense* Besch., *Ann. Sci. Nat. Bot.* sér. 6, 10 : 242. 1880 (basionym).

Pyrrhobryum spiniforme var. *brevifolium* (Besch.) Manuel, comb. nov. - *Rhizogonium spiniforme* var. *brevifolium* Besch., *Ann. Sci. Nat. Bot.* sér. 6, 10 : 241. 1880 (basionym).

Pyrrhobryum spiniforme var. *badakense* (Fleisch.) Manuel, comb. nov. – *Rhizogonium badakense* Fleisch., Musci Flor. Buitenzorg. 2 : 595, fig. 111. 1904 (basionym).

Pyrrhobryum spiniforme var. *comorense* (C. Müll.) Manuel, comb. nov. – *Mnium spiniforme* var. *comorense* C. Müll., *Linnaea* 40 : 245. 1876 (basionym).

Pyrrhobryum spiniforme var. *elatum* (Bosch. & Lac.) Manuel, comb. nov. – *Rhizogonium spiniforme* var. *elatum* Bosch. & Lac., Bryol. Jav. 2 : 1, fig. 132. 1861 (basionym).

Pyrrhobryum spiniforme var. *minus* (Card.) Manuel, comb. nov. – *Rhizogonium spiniforme* var. *minus* Card., *Annuaire Conserv. Jard. Bot. Genève* 15-16 : 168. 1912 (basionym).

Pyrrhobryum spiniforme var. *ryukyuense* (Iwats.) Manuel, comb. nov. – *Rhizogonium spiniforme* var. *ryukyuense* Iwats., *J. Hattori Bot. Lab.* 35 : 134. 1972 (basionym).

Pyrrhobryum spiniforme var. *samoense* (Broth. in Rech.) Manuel comb. nov. – *Rhizogonium spiniforme* var. *samoense* Broth. in Rech., *Akad. Wiss. Wien, Math.-Naturwiss. Kl., Denkschr.* 84 : 391. 1908 (basionym).

Section *Bifariella* (C. Müll.) Manuel, stat. nov. – *Mnium* subsect. *Bifariella* C. Müll., Gen. Musc. Frond. : 140. 1900. – *Rhizogonium* sect. *Bifariella* (C. Müll.) Broth., Nat. Pfl. 1 (3) : 617. 1904. **Holotype** : *Pyrrhobryum bifarium* (Hook.) Manuel. Vide nomen. notes 2 & 4. – *Mnium* subsect. *Pleuropelma* C. Müll., Gen. Musc. Frond. : 140. 1900 (syn. nov.). – *Rhizogonium* sect. *Pleuropelma* (C. Müll.) Broth., Nat. Pfl. 1 (3) : 617. 1904. **Lectotype** : *Pyrrhobryum mnioides* (Hook.) Manuel. Vide nomen. notes 3 & 4.

Pyrrhobryum bifarium (Hook.) Manuel, comb. nov. – *Hypnum bifarium* Hook., Musci Exot. 1 : 57. 1818 (basionym).

Pyrrhobryum dozyanum (Lac.) Manuel, comb. nov. – *Rhizogonium dozyanum* Lac., *Ann. Mus. Bot. Lugduno-Batavum* 2 : 295. 1866 (basionym).

Pyrrhobryum mnioides (Hook.) Manuel, comb. nov. – *Hypnum mnioides* Hook., Musci Exot. 1 : 77. 1818 (basionym). – *Rhizogonium mnioides* Schimp. ex C. Müll., Gen. Musc. Frond. : 140. 1900 (err. cit.).

Pyrrhobryum vallis-gratiae (Hamp. in C. Müll.) Manuel, comb. nov. – *Mnium vallis-gratiae* Hamp. in C. Müll., *Bot. Zeitung (Berlin)* 17 : 205. 1859, «*vallis gratiae*» (basionym). – *Mnium vallis-gratiae* Hamp. ex Wijk et al., Index Musc. 3 : 419. 1964 (err. cit.).

NOMENCLATURAL NOTES. – 1. MÜLLER (1901) selected *Mnium spiniforme* (Hedw.) C. Müll. (= *P. spiniforme* (Hedw.) Mitt.) as the lectotype of *Mnium* subsect. *Pyrrhobryum* (Mitt.) C. Müll. (WIJK et al. 1967 : 313). – 2. A single species (*P. bifarium*) was included in the protologue of *Mnium* subsect. *Bifariella* by MÜLLER (1901). Although not stated as such, it is the holotype of *Pyrrhobryum* sect. *Bifariella* (C. Müll.) Manuel. – 3. MÜLLER (1901) failed to select a holotype when describing *Mnium* subsect. *Pleuropelma*. He discussed four species under the subsection, three of which are either nomenclatural or taxonomic synonyms of the fourth species, *P. mnioides* (Hook.) Manuel. Thus, *P. mnioides* is the lectotype by default. – 4. *Mnium* subsect. *Bifariella* and *Mnium* subsect. *Pleuropelma* have the same date of effective publication and thus equal priority. I herein choose the name *Bifariella* as the correct name for the taxon (Art. 57, ICBN, Seattle).

2. THE STATUS OF *PENZIGIELLA HOOKERI* GANGULEE

During my review (MANUEL 1975) of the genus *Penzigiella* Fleisch., I had the opportunity of examining Hooker 724 as part of a loan from BM. GANGULEE (1976) has based a new species of *Penzigiella* i.e. *P. hookeri* upon this specimen. Hooker 724 is merely an exceptionally well developed gametophore of *P. cordata*. As I stated in 1975, *Penzigiella cordata* is a particularly variable species with respect to growth patterns, costa length, and leaf margins.

Penzigiella cordata (Hook.) Fleisch., *Hedwigia* 45 : 87. 1905 (1906). *Penzigiella hookeri* Gangulee, Mosses of eastern India 5 : 1252-1253, f. 605. 1976 (syn. nov.).

3. NOMINA NUDA

Several recent nomina nuda need to be brought to the attention of the botanical community. Also, a plea is issued not to use herbarium names in print as they clutter the literature and burden taxonomists who will eventually have to account for them.

Rhynchostegiellopsis Broth. ex Buck, *Rev. Bryol. Lichénol.* 43 : 312. 1977 (nom. nud. in syn.).

BUCK (1977) listed *Rhynchostegiellopsis*, a Brotherus manuscript name in the synonym of his new genus *Juratzkaella*.

Prionodon moseni Broth.ex Griffin, *Rickia* 6 : 10 & 12. 1974 (nom. nud.).

GRIFFIN (1974) stated that *Prionodon moseni*, a name applied to two herbarium specimens at NY was most likely a nomen nudum since he could not locate a description or a listing in Index Muscorum. *Prionodon moseni* was just a herbarium name untill GRIFFIN published his statement that it was a nomen nudum !

Schistomitrium strictifolium Dix. ex Johnson, *Gard. Bull. Singapore* 20 : 321. 1964 (nom. nud. in syn.).

JOHNSON (1964) listed the above Dixon herbarium name in the synonym of *Schistomitrium apiculatum* Dozy & Molk.

LITERATURE CITED

BROTHERUS V.F., 1924 - Musci. In ENGLER & PRANTL, Natürl. Pflanzenfam. Ed. 2. 10 : 1-478.

BUCK W. R., 1977 – A taxonomic investigation of *Juratzkaea* Lor. and *Juratzkaella* gen. nov. *Rev. Bryol. Lichénol.* 43 : 309-325.

GANGULEE H.C., 1976 - Mosses of eastern India and adjacent regions. Fasc. 5. Calcutta.

GRIFFIN III D., 1974 – The genus *Prionodon* (Musci) in Brazil. *Rickia* 6 : 9-19.

JOHNSON A., 1964 – An account of the Malaysian Leucobryaceae («lumut puteh»). *Gard. Bull. Singapore* 20 : 315-360.

INOUE S. & IWATSUKI Z., 1976 – A cytotaxonomic study of the genus *Rhizogonium* Brid. (Musci). *J. Hattori Bot. Lab.* 41 : 389-403.

MANUEL M.G., 1975 – Review of the genus *Penzigiella* (Bryopsida : Pterobryaceae). *Bryologist* 78 : 423-430.

MÜLLER C., 1901 (1900) – Genera Muscorum Frondosorum. Leipzig.

WIJK R. van der, MARGADANT W.D. & FLORSCHÜTZ P.A., 1967 – Index Muscorum. Regnum Veg. 48 : 1-604.

STUDIES ON REGENERATION FROM THE LEAVES OF OCTOBLEPHARUM ALBIDUM HEDW.

A. EGUNYOMI*, A.J. HARRINGTON**, & S.O. OLARINMOYE*

ABSTRACT. – Regeneration from the leaves of *O. albidum* has been investigated by means of laboratory and field studies. Under culture conditions, both attached and detached leaves produce protonemata within five days and leafy shoots within three weeks. Regeneration decreases with increase in the age and mutilation of the leaf. The leaf tips have the highest capacity for regeneration and the bases the lowest. An attempt has been made to explain regeneration pattern in terms of leaf anatomy.

INTRODUCTION

Regeneration capacity is such a common feature in mosses that their success in colonising localities beyond the climatic limits for successful sexual reproduction has been ascribed to this feature (GEMMELL 1953). There have been many studies on regeneration in mosses. Apart from the pioneering work of HEALD (1898), other studies include those of LA RUE (1942), GEMMELL (1953), CHOPRA and SHARMA (1958), MACQUARRIE and VON MALTZAHN (1959), and LERSTEN (1961). Such a great diversity of regeneration behaviour has been observed that LERSTEN (1961) has suggested its use as a character in moss taxonomy.

DELGADILLO and SHARP (1976) have recently observed the occurrence of young gametophytes on attached mature leaves of *Octoblepharum pulvinatum* and have pointed out that these plantlets are occasional in *Octoblepharum albidum*. These authors did not find gemmae in *O. pulvinatum* and therefore concluded that the plantlets could not have regenerated from gemmae. In *O. albidum*, however, plantlets seemed to grow from gemma-like filaments situated at the leaf tip. The occurrence of gemmae has been reported in *Octoblepharum*

* Department of Botany, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria.
** British Museum (Natural History), Cromwell Road, London SW7 5BD.

mitteni Jaeg. by ANDREWS (1947) and in *O. albidum* by HARRINGTON & EGUNYOMI (1976). That the gemmae in *O. albidum* can produce adult gametophytes has been found by EGUNYOMI (1976). The attempt made by DELGADILLO and SHARP to explain the origin of the plantlets in *O. pulvinatum* and *O. albidum* was speculative and lacked experimental support. Their conclusions were based on observations of only 3 specimens (1 of *O. pulvinatum* and 2 of *O. albidum*).

In this report, field and laboratory studies have been carried out with a view to understanding the regeneration behaviour in *Octoblepharum albidum*.

MATERIALS AND METHODS

Material of *O. albidum* was obtained from an oil palm in the Botanical Nursery, Ibadan University. Before use, the material was washed in tap water to remove soil particles, then surface-sterilized for 3 minutes in 5% Chlorox solution (3.25% sodium hypochlorite), followed by 4 washes with sterile distilled water. Detached leaves were taken from the middle part of shoots except in the experiment on the effect of age on regeneration. Since it was shown in a preliminary test that regeneration was not affected by whichever leaf surface was in contact with the medium, leaves were plated randomly. A preliminary experiment showed that there was no significant correlation between leaf length and the number of protonemata produced. Variations in the length of leaves were therefore ignored.

Of all the media tested, Knop's solution (GAUTHERET 1942) and Marchal and Marchal's medium (MARCHAL and MARCHAL 1906) solidified with 2% Difco agar, were found most suitable for regeneration. The media were sterilized by autoclaving at 1 kg/cm^2 for 15 minutes, and used as deemed suitable for particular experiments. All glassware was oven-sterilized at 150°C for 5 hours before use.

Unless otherwise stated, the cultures were maintained for 7 days at a light intensity of 1000 lux for 16 hours each day and a temperature range of 21-30°C.

To determine which part of the leaf had the highest regenerative capactiy, 10 surface-sterilized leaves were plated on Marchal and Marchal's medium. Three replicates were set up. The number of protonemata produced from the distal half, the proximal half, the apical and the basal parts of each leaf was recorded at the end of the experiment.

The effect of various factors on regeneration was tested as follows :

Detached and Attached Leaves. — Ten similar surface-sterilized plants were floated on Knop's liquid medium in a petri dish and 20 detached leaves in another dish. Three replicates of each treatment were prepared. The percentage regeneration was recorded after 15 days.

Mutilation or Wounding. – Ten leaves were each cut into four parts and placed on Marchal and Marchal's medium solidified with 2% Difco agar. The cut sections were placed near to each other for subsequent identification. Whole leaves were used as a control. In a second batch of leaves, each leaf was cut transversely into two equal parts which were plated. In a third set of cultures, leaves were cut into small irregular pieces which were plated. All cultures were replicated twice and the number of protonemata produced from each leaf was recorded.

Age of Leaves. – Ten similar plants, each having at least 18 leaves, were surface-sterilized. The leaves were removed as nearly as possible in order, from the apex to the base of each plant, and plated on Marchal and Marchal's medium solidified with 2% Difco agar. Thus the distance from the apex was an index of the age of the leaf. The number of protonemata produced from each leaf was recorded.

Desiccation. – The procedure followed was that of JOHNSON and KOKILA (1970) with some modifications. Large specimen tubes (10 cm high and 2,5 cm in diameter) were used as humidity and recovery chambers. Freshly collected plants of *O. albidum* were washed in several changes of sterile distilled water and blotted dry. The plants were supported by small coiled wire platforms (except where acid was used in which case threads were used to suspend them) half-way up the specimen tubes. The air in these containers was held at varying degrees of humidity by the use of saturated solutions of various chemicals, as used by JOHNSON and KOKILA (1970). Humidities of 100% and 88% were obtained by the use of distilled water and 1.95 ml of 97% H_2SO_4 in 10 ml of distilled water, respectively (HOSOKAWA and KUBOTA 1957). The plants were exposed to varying levels for periods ranging from 4-20 hours and 1-7 days. After the period of exposure the plants were placed on damp filter papers above wet cotton wool in recovery chambers. They were then transferred into distilled water for 24 hours for further recovery. Following recovery, the plants were surface-sterilized and 20 leaves from each were plated on Marchal and Marchal's medium. The cultures which were replicated twice, were observed for percentage regeneration after five days.

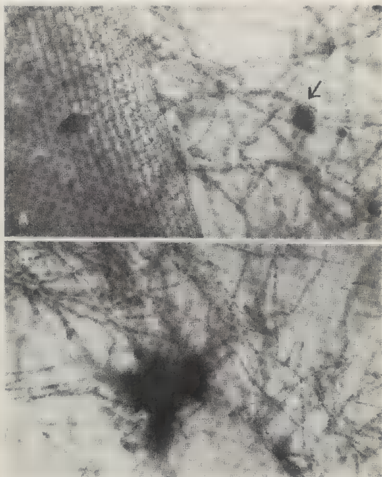
Light. – As regeneration does not occur in the dark, the effect of light was tested. Ten surface-sterilized leaves were plated on Marchal and Marchal's solid medium. 2 replicates were set up for each light regime (10-1375 lux) obtained by placing the cultures at varying distances from the light source. The number of leaves with regeneration was recorded for each treatment.

In order to ascertain which other parts of *O. albidum* shoot would regenerate, the following parts of the gametophyte and sporophyte were plated on Marchal and Marchal's medium solidified with 2% Difco agar : pieces of stem, perigonial and perichaetial leaves, pieces of green seta, green setae with calyptrae intact, green setae without calyptrae, whole calyptrae, pieces of calyptra and capsule wall. For each culture, 20 of each part were plated. Cultures each containing 20 leaves were also set up. Each treatment was replicated twice. The percentage

regeneration in the cultures was noted after the first and second weeks.

RESULTS AND DISCUSSION

Short green unbranched protonemata appeared at the leaf margins within five days of plating the leaves. With further elongation and branching of the protonemata the leaf margin became surrounded by a mat of filaments. Buds



Pl. I. - A : Mat of protonemata produced from the leaf margin of *O. albidum*. A bud is arrowed (x 150). B : Young gametophyte at leaf apex (x 240).

	Distal Half	Proximal	Tip	Base
Mean No. of Protonemata	80.6	26.4	27.5	1.3

Tab. 1. – Distribution of protonemata in parts of leaf of *Octoblepharum*. Each figure is the mean obtained from 3 replicate cultures.

appeared in the culture after two weeks and young gametophytes with brown rhizoids after three weeks (Pl. 1). If the protonemata were transplanted to suitable media at this stage, the young buds developed into mature plants.

The results in Tab. 1 show that the distal half of the leaf has a greater regenerative capacity than the proximal half. The production of protonemata is highest at the leaf tips which are 1/5th of the length of either the distal or the proximal halves. The number of protonemata produced at the leaf tips alone constitutes 34.1% of that produced by the whole distal half. The number of protonemata produced from the whole of the proximal half is not significantly different from that produced from the tips. The basal part of the leaf has the lowest capacity for regeneration.

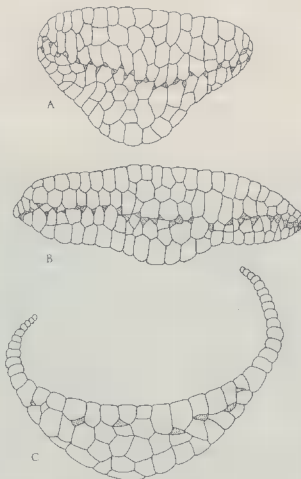
The distribution pattern of protonemal regenerates in *Octoblepharum* can be related to the anatomy of the leaf. Pl. 2 shows that at least two chlorophyllose cells are exposed at the leaf margins in the distal part of the leaf (A), only one in the middle part (B) and none in the proximal part of the leaf where wings of hyaline cells are developed.

Since protonemata develop from the chlorophyllose cells, the exposure of those cells at the leaf margin or their nearness to the margin determines the amount of regeneration in the different parts of the leaf. The low level of regeneration from proximal half of the leaf may be accounted for by the fact that chlorophyllose cells are completely surrounded by the hyaline cells.

At least 80% regeneration was obtained in each of the cultures. Regeneration was however higher in the detached leaves where the lowest regeneration recorded was 90%. This experiment shows that leaves of *O. albidum* will regenerate without having contact with a solid substratum.

From the results in Tab. 2 it is clear that leaf regeneration decreases with increasing degree of mutilation. The failure of fragmented leaves to regenerate indicates that the fragments must be above a certain size in order to regenerate.

Regeneration of protonemata from cut ends was observed but occurred only after two weeks. This supports the observation that severe mutilation does not favour regeneration.



Pl. 2. — Transverse sections of *O. albidum* leaf through : A - Distal, B - Middle, C - Proximal.

The results given in Fig. 1 show that the leaves from the middle of the shoots had the highest regenerative capacity. The next highest was found in those from the apical region and the lowest in those at the base of the plant. This finding is contrary to that of BOPP (1955) who noted that in *Funaria hygrometrica* the leaves in the middle of the shoot produced the smallest number of regenerates. GEMMELL (1953), using *Atrichum undulatum*, obtained results showing that there was a decrease, with age, in the ability of leaves to regenerate new plants. However, regeneration did not decrease steadily with increasing age of

Whole Leaf	Distal Half	Proximal Half	1st $\frac{1}{4}$ (Tip)	2nd $\frac{1}{4}$	3rd $\frac{1}{4}$	4th $\frac{1}{4}$ (Base)	Leaf Fragments
90.7	54.4	13.45	20.55	12.45	8.4	0.4	0
Total 90.7	67.85		41.80				0

Tab. 2. – Number of protonemal regenerates from mutilated leaves of *Octoblepharum*. Each figure is the mean from 20 leaves.

the leaf since he obtained a second maximum in the curve. This led him to suggest that age alone was not the main factor in determining power of regeneration. In *Splachnum ampullaceum* Hedw. successive leaves from the base towards the apex produced steadily increasing numbers of regenerates (VON MALTZAHN and MACNUTT 1958).

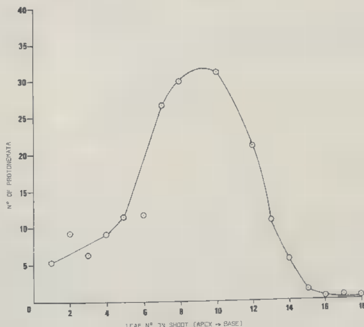


Fig. 1. – The effect of leaf age on regeneration.

Time (Hrs)	Humidity level % 100	88	76	63	55	44	33	12	10
4	100	100	85	80	95	100	100	90	95
8	■	90	80	90	■	90	95	100	70
12	100	80	80	95	100	95	100	40	45
16	100	85	95	75	80	80	80	20	40
20	90	70	90	65	80	■	70	10	30

Tab. 3. — Influence of humidity on regeneration in *Octoblepharum*. Figures are the percentage regeneration.

In the experiment on the effect of desiccation on regeneration at least 65% regeneration was obtained from all of the leaves (except those which had been exposed to humidities of 12% and 10%) exposed at 4 hours intervals for periods of up to 20 hours (Tab. 3). This seems to show that regeneration is little affected by desiccation even at low humidity for a short time.

Exposure over a range of 1-7 days had a marked effect on subsequent regeneration. Fig. 2 shows a gradual decline in regenerative capacity with exposure for the first three days and a more pronounced effect beginning with exposure for 4 days. No regeneration was obtained after exposure for 7 days at any of the humidity levels except the control.

Light Intensity (lux)	% Regeneration
10	55
50	97.5
100	100
200	97.5
300	95
500	95
700	95
900	90
1000	100
1375	85

Tab. 4. — The effect of light intensity on regeneration in *Octoblepharum*. Each figure represents the mean of 2 replicates.

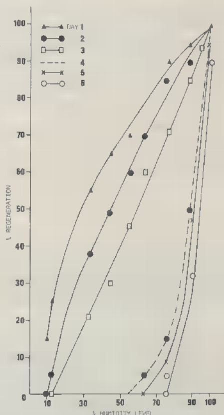


Fig. 2. – The effect of desiccation on regeneration.

From the results in Tab. 4 it is clear that the leaves of *O. albidum* will regenerate under a wide range of light intensities. High light intensity does not inhibit the production od protonemata.

The results of the experiment on regeneration from other parts of *O. albidum* are shown in Tab. 5. A week after plating the plant parts, 100% regeneration was observed in the stem leaves; 60% and 55% in the perigonial and the perichaetial leaves respectively. By the end of the second week, 40% of the stem pieces had regenerated protonemata. There was no regeneration from other parts even after three weeks. The regeneration from both perigonial and perichaetial leaves is not surprising since in many instances among the bryophytes, the leaves surrounding groups of reproductive organs are little different from vegetative leaves. This experiment shows that in *O. albidum*, the leaves are the organs having the highest regenerative capacity.

Week	Leaves	Perigo-nial Leaves	Perichae-tial Leaves	Setal pieces	Setae with Calyp-trae	Setae without Calyp-trae	Whole Calyp-trae	Calyp-trae pieces	Capsule wall	Stem pieces
1	100	60	55	0	0	0	0	0	0	0
[illegible]	100	60	55	0	0	0	0	[illegible]	[illegible]	0

Tab. 5. – Percentage regeneration from other parts of *Octoblepharum*. Each figure is the mean obtained from 2 replicates.

GENERAL DISCUSSION

Regeneration by protonema is known in a number of moss species. Reports in the literature show that different mosses and different parts of the gametophyte and sporophyte exhibit varying degrees of regenerative capacity. In *O. albidum* the leaves have the greatest capacity for regeneration while the stem, perichaetial and perigonial leaves also regenerate protonemata, but to a lesser extent.

An investigation of the effect of various factors on leaf regeneration has thrown some light on the regeneration behaviour of *O. albidum*. Regeneration is not affected by the surface of the leaf in contact with the culture medium or by whether the leaves are attached or detached. The latter observation is contrary to the findings of several workers that leaf regeneration only occurs if the leaves are detached from the stem (MACQUARRIE and VON MALTZAHN 1959, GEMMELL 1953, KACHROO 1954). However, regeneration from attached leaves has been reported in the Polytrichaceae by CHOPRA and SHARMA (1958).

That mutilation or wounding of parts of the gametophyte promotes regeneration in many moss species has been observed by various workers (LA RUE 1942, NOGUCHI and FURUTA 1958, GEMMELL 1953). In *O. albidum* injury or mutilation reduces the regenerative capacity of the leaves. Age and desiccation also affect regeneration from leaves. Exposure of the moss to humidity levels below 88% for more than three days inhibits regeneration.

Several workers have reported the restriction of protonematal regeneration to a particular part of the leaf, e. g. BOPP (1955). GEMMELL (1953) explained the restriction of regeneration to the distal region and adaxial surface of the mid-rib of the leaf of *Atrichum undulatum* in terms of leaf anatomy. HEITZ (1925) pointed out that in many mosses, initials for protonema regeneration are present and they can be recognized by their smaller chloroplasts and larger nuclei. Such specialised cells have not been observed in *Octoblepharum*. That

the leaf tip has the highest regeneration capacity and the base the lowest can be explained in terms of leaf anatomy.

Field observations carried out in parts of Nigeria showed that the regeneration of young gametophytes and the production of gemmae are common features of the leaves of *O. albidum*, especially in continuously humid areas. Regenerating detached leaves have been observed in naturally-occurring communities of *Octoblepharum* and even on the leaves of angiosperms in the forest.

The role of vegetative reproduction in the dispersal of the moss within localities is important. *O. albidum* produces sporophytes only in well illuminated areas (RICHARDS 1952, EGUNYOMI 1976) and the high regenerative capacity of the leaves and the occurrence of gemmae may help to explain the frequent occurrence of the moss in deeply shaded habitats.

REFERENCES

ANDREWS A.L., 1947 – Taxonomic notes VI. The Leucobryaceae. *Bryologist* 50 : 319-326.

BOPP M., 1955 – Über die Regeneration an Blättern von Laubmoosen. *Rev. Bryol. Lichénol.* 24 : 49-58.

CHOPRA R.S. and SHARMA P.D., 1958 – Regeneration in Polytrichaceae. *J. Indian Bot. Soc.* 37 : 353-357.

DELGADILLO C.M. and SHARP A.J., 1976 – Vegetative reproduction in *Octoblepharum pulvinatum*. *Rev. Bryol. Lichénol.* 42 : 829-832.

EGUNYOMI A., 1976 – Studies on the biology and ecology of *Octoblepharum albidum* Hedw. Ph. D. Thesis, University of Ibadan.

GAUTHERET R.J., 1942 – Manuel technique de culture des tissus végétaux. Masson, Paris.

GEMMELL A.R., 1953 – Regeneration from the leaf of *Atrichum undulatum* (Hedw.) P. Beauv. *Trans. Br. Bryol. Soc.* 2 : 203-213.

HARRINGTON A.J. and EGUNYOMI A., 1976 – Gemmae in *Octoblepharum albidum* Hedw. *J. Bryol.* 9 : 281-282.

HEALD F.D.F., 1898 – A study of regeneration as exhibited by mosses. *Bot. Gaz.* 26 : 169-210.

HEITZ E., 1925 – Das Verhalten von Kern und Chloroplasten bei der Regeneration. *Z. Zellforsch. Mikrosk. Anat.* 2 : 69-86.

HOSOKAWA T. and KUBOTA H., 1957 – On the osmotic pressure and resistance to desiccation of epiphytic mosses from a beech forest, South-West Japan. *J. Ecol.* 45 : 579-91.

JOHNSON A. and KOKILA P., 1970 – The resistance to desiccation of ten species of tropical mosses. *Bryologist* 73 : 682-686.

KACHROO P., 1954 – Spore germination and regeneration in *Physcomitrium pyriforme* (L.) Brid. *J. Indian Bot. Soc.* 33 : 263-267.

LA RUE C.D., 1942 – The effect of wounding, of wound hormones and of growth hormones on rhizoid formation in mosses and liverworts. *Bryologist* 45 : 35-39.

LERSTEN N.R., 1961 – A comparative study of generation from isolated gametophytic

tissues in *Mnium. Bryologist* 64 : 37-47.

MACQUARRIE I.G. and MALTZAHN K.E. von, 1959 — Correlations affecting regeneration and reactivation in *Splachnum ampullaceum* (L.) Hedw. *Can. J. Bot.* 37 : 121-134.

MALTZAHN K.E. von and MACNUTT M.M., 1958 — Regeneration in *Splachnum ampullaceum* (L.) Hedw. *Can. J. Bot.* 36 : 33-38.

MARCHAL E. and MARCHAL E., 1906 - Recherches expérimentales sur la sexualité des spores chez les mousses dioïques. *Mem Acad. Roy. Sci. Belgique*, Cl. Sci. 1 : 1-50.

NOGUCHI A. and FURUTA H., 1958 — Regeneration in *Brothera leana. Bryologist* 61 : 361-366.

RICHARDS P.W., 1952 — Notes on African mosses. 1. *Andreaea camerunensis* sp. nov. and other mosses mostly from Nigeria and the British Cameroons. *Trans. Br. Bryol. Soc.* 2 : 66-70.

DICRANUM VIRIDE (SULL. ET LESQ.) LINDB. EN HAUTE ALSACE

P. CRIVELLI *

RÉSUMÉ. – *D. viride* ayant été souvent retrouvé ces dernières années dans le sud de l'Alsace, on peut penser qu'il y aurait là un épicentre; mais peut-être faut-il plutôt réviser la notion de rareté affirmée par la plupart des auteurs.

Simple amateur à qui ses obligations professionnelles interdisent de faire de la bryologie autre chose qu'une occupation de délassement, j'ai eu néanmoins le bonne fortune de trouver dans le sud de l'Alsace, à plusieurs reprises, une plante aussi exceptionnelle que *Dicranum viride*.

Je dois la connaissance de cette mousse à M. V. RASTETTER qui, pour autant que je le sache, est le premier à l'avoir signalée (1971) dans cette région où, bien qu'il la considère comme rare, il m'a personnellement confirmé l'avoir découverte assez souvent dans le Sundgau ainsi que dans la forêt de la Hardt, à Habsheim, là même où il me l'a d'abord montrée.

Depuis lors, en moins d'un an, je l'y ai moi-même retrouvée une vingtaine de fois sur environ deux mille hectares de forêt explorés, mais aussi presque aussi souvent, dont six fois en moins d'une heure, dans le seul Zuhren Wald aux portes mêmes de la ville de Mulhouse. Il est permis par conséquent de penser que l'extension de *D. viride* dans la haute Alsace est plus importante que ne laisserait présumer sa rareté ailleurs et qu'il s'agit sans doute d'un épicentre.

HUSNOT (1884-1890) donne *D. viride* comme rarissime et pour tout l'Est ne cite que cinq stations : Rambervillers (Boulay); Saarbrück (Winter); Besançon (Flagey); Grattery et Chatel (Renauld); tous points qui se trouvent à plus de cent kilomètres de la région dont il est question ici.

* 8, rue Lamartine, 68000 Mulhouse.

Cryptog., Bryol. Lichénol., 1980, 1, 1 : 85-89.

DIXON (1924), tout en affirmant que *D. viride* est très rare, semble en réalité le considérer, du moins en ce qui concerne la Grande Bretagne, comme quasiment inexistant et soutient qu'il s'agit en fait toujours de *D. strictum*, opinion qu'il prête apparemment aussi à Camus ramenant à ce dernier taxon un échantillon de Coëtquen.

Dans la «Flore générale de Belgique» DEMARET et CASTAGNE (1961) précisent qu'il s'agit d'une mousse très rare dont ils ne signalent qu'une seule station tandis que NYHOLM (1954) paraît n'en faire qu'une simple variété de *D. fulvum* sans autrement en préciser la fréquence. Enfin, limité, comme il l'explique, par les dimensions de son ouvrage, AUGIER l'ignore totalement.

A l'est de la France les endroits où sont indiquées des stations de *D. viride* se multiplient. LIMPRICHT (1890) trouve cette muscinée «répandue» dans les Préalpes jusqu'à 1 200 m tandis qu'AMANN (1912-1933) la fait monter jusqu'à 2 130 m. Il la trouve très fréquente sur le Plateau suisse mais se raréfiant dans le Jura et le Tessin et devenant enfin très rare dans les Alpes. Dans le Jura souabe, au contraire, *D. viride* serait fréquent d'après BERTSCH (1966) qui y relève trente stations auxquelles s'ajoutent sept autres dans le territoire du Neckar, autant dans le Pays de Bade, quatre dans l'Odenwald et quatre encore dans la Forêt Noire.

On voit donc que la densité de *D. viride* décroît depuis le sud-ouest allemand et la Suisse vers les pointes extrêmes de la Belgique, de Rambervillers et de Besançon, en passant par l'Alsace du nord où selon M. Rastetter il y aurait une station non précisée dans le «Ried». Les Vosges auraient bloqué la dissémination vers l'ouest et la mousse se serait concentrée dans le sud alsacien et le Sundgau comme dans une cuvette. On remarquera avec curiosité qu'il s'agit dans cette dernière région uniquement de stations de plaine et de basses collines alors que LIMPRICHT, AMANN, BERTSCH et même HUSNOT citant une station pyrénéenne, font de *D. viride* une espèce montagnarde. Mais cette mousse a-t-elle seulement été vraiment recherchée dans les Vosges ? Le fait qu'on l'ait découverte à Rambervillers sur le versant occidental, le moins montueux, autorise à penser que cette chaîne n'aura pas été un obstacle réel à sa dispersion et qu'on devrait donc l'y retrouver à moins que la plante n'ait contourné le massif par le nord et le sud comme l'inciteraient à croire les stations de Saarbrück, de Belgique et la poussée vers Besançon, la Nièvre et l'Allier (HUSNOT). Il se pourrait aussi que le maximum de densité constaté en Bavière soit en rapport avec des recherches plus intensives là qu'ailleurs, opinion toute personnelle mais renforcée par la fréquence et la facilité relatives de mes propres découvertes dans une région très mal explorée bryologiquement.

Pour ce qui est des stations nouvelles que je rapporte, le sud de la Forêt domaniale de la Hardt, d'une façon générale, est beaucoup plus riche en plantes de toutes espèces que la partie nord. Il s'agit d'une forêt de plaine, absolument plate, sur alluvions anciennes, à 230 m d'altitude moyenne, à climat subcontinental avec pluviosité moyenne de 750 mm et des brouillards assez fréquents, où croissent surtout des feuillus, chênes, charmes, ormes, érables etc. et reboisement en pins.

Le Zuhren Wald est un grand bois demeuré sauvage au point d'être peuplé de chevreuils bien que par tout son flanc nord-ouest il soit contigu à l'agglomération mulhousienne. Situé heureusement en zone «non aedificandi», ce qui le protège, il s'étend sur quelques centaines d'hectares de loess. Ouvert par ailleurs à la campagne libre, il recouvre les dernières ondulations du Sundgau qui viennent se perdre dans Mulhouse où elles se fondent sans transition dans la grande plaine d'Alsace. De nombreux replis peu élevés, pour la plupart orientés NO-SE déterminent dans ce bois des vallonnements et quelques ravins qui y multiplient les microclimats variant de zones toujours dans l'ombre et humides à d'autres aussi rapidement deshydratées par le vent et le soleil qu'elles sont vite mouillées par la moindre pluie. Le sol y est uniformément argileux et dans l'ensemble reste relativement frais comme aussi l'air ambiant. L'altitude, de 299 m au nord, passe à 350 m au sud. La végétation arbustive et herbacée, encore que variée, y est assez peu dense et se modifie beaucoup suivant qu'on y considère les parcelles privées plus ou moins bien entretenues où dominent robiniers et sureaux, ou les enceintes plus étendues relevant des communes limitrophes et surveillées par l'Administration de l'O.N.F.; dans ce cas la dominante est à base de hêtres, chênes, charmes, frênes, érables, en fûtaie.

Sur le terrain *D. viride* me semble être une mousse assez facile à reconnaître, même de loin. Je l'ai toujours vue croissant sur la partie verticale des troncs, sauf une fois seulement sur la base au niveau des racines. Sitôt aperçue, elle m'est toujours apparue différente des Dicranacées plus habituellement rencontrées.

J'ai trouvé *D. viride* deux fois sur de vieux hêtres, au Zuhren Wald et une autre fois sur *Acer campestre* dans la Hardt. Tous les autres spécimens ont été récoltés sur *Carpinus* qui, ici du moins, semble être le substratum préférentiel, constatation corroborée verbalement par M. Rastetter. Je note toutefois qu'aucun des auteurs cités précédemment ne fait allusion à des charmes. Tous se trouvent d'accord pour nommer en permier lieu le hêtre, suivi du chêne, du châtaignier, de roches siliceuses, enfin des conifères, et, s'il en fait une plante calcifuge, BERTSCH la cite néanmoins sept fois dans le Neckar qui est un territoire calcaire. De ce point de vue la forêt, sèche, de la Hardt l'est aussi, comparativement au Sundgau et au Zuhren Wald, humides.

Les dimensions des échantillons que j'ai rencontrés sont variables. Une fois il s'est agi d'un petit coussinet vert noirâtre d'à peine cinq centimètres de diamètre. Toutes les autres touffes étaient beaucoup plus grandes, la plus importante dépassant largement 14 dm^2. Toutes aussi, croissant entre 20 et 50 cm au-dessus du sol, étaient exposés au N-NO.

D'après HUSNOT il s'agit d'une plante vert jaune. C'est aussi ce qu'en disent DEMARET et CASTAGNE. Or la vingtaine de spécimens différents que j'ai trouvés se ramènent à deux couleurs seulement : un beau vert franc, profond, cas le plus fréquent et la mousse croissait alors en touffe serrée, et un vert olivâtre foncé tirant nettement sur le noir, sans doute par vieillissement car au microscope les extrémités des feuilles restent d'un beau vert brillant. Les touffes,



Dicranum viride (Sull. et Lesq.) Lindb. Forêt de la Hardt, sur charme.

alors, sont plus lâches, se défaisant facilement. Je n'ai pas vu un seul échantillon vert jaune. M. Rastetter m'a confirmé que de son côté lui non plus n'en avait jamais trouvé.

Les excellentes illustrations de la Flore Générale de Belgique correspondent très exactement à ce que j'ai observé sur tous mes échantillons. La variabilité de la pointe m'a paru toutefois plus importante. J'ai cru constater que les apex entiers sont les plus rares, tandis que ceux comptant quelques dents sont les plus fréquents. Un certain nombre est cependant nettement et franchement denté, plus qu'il n'apparaît sur les dessins, ressemblant beaucoup à *D. montanum* tel qu'il est représenté dans cette même flore.

L'examen des oreillettes est essentiel pour la détermination mais la présence de cellules à parois plus minces entre la nervure et l'oreillette est souvent difficile à constater car elles sont facilement déformées, comme écrasées contre la nervure. Elles paraissent alors plus allongées qu'elles ne le sont réellement et leur aspect trompeur ferait aisément croire qu'il s'agit de *D. strictum*. Il reste que les coupes de la nervure révèlent toujours une double bande de stéréides ce qui permet pratiquement de trancher dans tous les cas.

Pour conclure, *Dicranum viride*, mousse présentée actuellement comme étant rarissime, semble n'être que rare, voire assez fréquente localement dans le

sud de l'Alsace. Il faudrait, pour être réellement affirmatif, pouvoir multiplier les investigations sur un territoire élargi jusqu'au Jura.

Je tiens à remercier M. Vincent Rastetter, de Habsheim, à qui je dois mes premiers spécimens, ainsi que M. R.B. Pierrot, de Dolus, qui ont l'un et l'autre confirmé mes déterminations. Les échantillons se trouvent tous dans mon herbier personnel; certains doubles ont été déposés à PC.

BIBLIOGRAPHIE

AMANN J., 1912-1933 — Flore des Mousses de la Suisse. Lausanne.

AUGIER J., 1966 — Flore des Bryophytes. Lechevalier, Paris.

BERTSCH K., 1966 — Moosflora von Südwest Deutschland. Ed. 3. Ulmer, Stuttgart.

DEMARET F. et CASTAGNE E., 1961 — Bryophytes. In Flore générale de Belgique 2 (2). Bruxelles.

DIXON H.N., 1924 — The Student's Handbook of British Mosses. Reprint Ed. 3. Sumfield & Day, Eastbourne 1954.

HUSNOT T., 1884-1890 — Muscologia Gallica. Reprint Asher & Cie. Amsterdam 1967.

LIMPRICHT K.G., 1890 — Die Laubmoose Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. In Rabenhorst L., Kryptogamenflora 4. Reprint Cramer, Lehre 1963.

NYHOLM E., 1954-1958 — Musci, in Illustrated Flora of Fennoscandia. Gleerups, Sweden.

RASTETTER V., 1971 — Aspects de la végétation de la plaine haut-rhinoise. *Bull. Soc. Industrielle Mulhouse* 4 : 21-24.

NOTE

Sur la présence de *MIELICHHOFERIA PONTEVEDRENSIS* Luis. au Portugal

C. SERGIO*

En 1927, A. LUISIER décrit *Mielichhoferia pontevedrensis*, espèce nouvelle, qu'il a récoltée en 1918 et 1926 aux environs de Pontevedra, dans le Nord de l'Espagne.

Par la suite cette espèce, considérée comme strictement espagnole, a été ramassée dans la localité classique par divers bryologues (P. et V. Allorge, Bryotheca Iberica n° 30, 1927; R.B. Pierrot, Soc. d'Échanges des Muscinées, 1976; moi-même, mars 1970), mais aucune station nouvelle n'a été découverte.

Trois espèces composent actuellement le genre *Mielichhoferia* en Europe. Seule *M. pontevedrensis* a été trouvée à basse altitude (50 m) et dans une localité à faible distance de la mer. Les deux autres, *M. mielichhoferi* et *M. caucasica*, sont caractéristiques des régions élevées d'Europe centrale, occidentale et orientale.

Dans les premiers temps de mes recherches bryologiques, j'ai examiné un *Mielichhoferia* récolté près de Ferreira do Zêzere dans la province de Ribatejo. Malheureusement, les annotations sur l'échantillon étaient peu précises et nous n'avons pas pu retrouver cette station.

Récemment, j'ai étudié à nouveau cette récolte et j'ai constaté son appartenance à *M. pontevedrensis*. Elle correspond à l'espèce décrite par LUISIER, au spécimen de la Bryotheca Iberica et à ma récolte de la localité classique. Tous ces échantillons sont bien fructifiés ce qui permet de confirmer avec certitude mon identification.

* Instituto Botanico, Faculdade de Ciencias, Lisboa 2, Portugal.

Cryptog., Bryol. Lichénol., 1980, 1, 1 : 91-94.

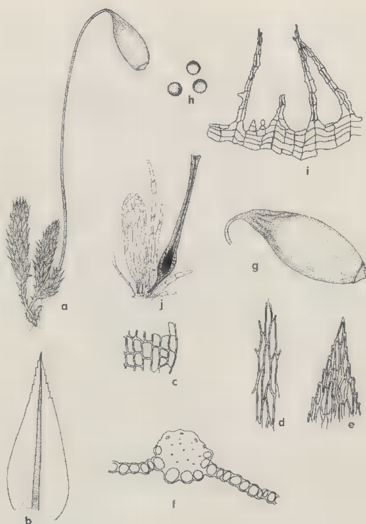


Fig. 1. — *Mielichhoferia pontevedrensis* Luis., d'après le spécimen de Ferreira do Zêzere (COI). — a: habitus (x 5); b: feuille médiane (x 50); c: tissu de la base de la feuille (x 200); d: tissu du milieu de la feuille (x 200); e: tissu de l'apex de la feuille (x 200); f: section d'une feuille, nervure (x 400); g: capsule (x 10); h: spores (x 225); i: péristome (x 200); j: anthéridie, archégone et paraphyses (x 100).

M. pontevedrensis est une espèce bien distincte de *M. mielichhoferi* par son inflorescence synoïque et par la forme de ses feuilles, plus courte et ovale-lancéolée. La figure 1 représente les caractères de l'échantillon du Portugal.

LUISIER n'avait publié que le dessin d'une feuille. La présence de cette espèce dans la flore du Portugal laissait supposer qu'elle pourrait exister ailleurs, probablement à basse altitude et dans le domaine atlantique de l'Europe occidentale. En effet, R.B. Pierrot, pendant une visite au Portugal en 1972, l'a trouvée dans deux localités portugaises nouvelles : Manteigas et Vale da Amoreira. Je le remercie vivement pour la communication de la liste des Bryophytes récoltés au cours de ses excursions dans notre pays. Les deux stations signalées occupent une position géographique intermédiaire entre Pontevedra et Ferreira do Zêzere, bien qu'elle se situent à une altitude plus élevée (600-800 m). Il est vraisemblable qu'une recherche systématique permettrait de découvrir ce *Mielichhoferia* dans d'autres localités ibériques.

Spécimens examinés. — ESPAGNE : Pontevedra, à la sortie de la ville, route d'Orense, 16.VI.1927, P. et V. Allorge 30, Bryoth. Iber. (COI); pr. Pontevedra, estrada para Orense, numa pedra granitica sombreada, associado a *Ditrichum subulatum*, *Bartramia pomiformis*, *Bryum alpinum* e *Marsupella* sp., 22. III. 1970, C. Sergio 1164 (COI).

PORTUGAL : Ribatejo, pr. Ferreira do Zêzere, Lagar do Gato, num talude entre pedras graniticas, associado a *Ditrichum subulatum*, *Diplophyllum albicans*, *Prionolobus turneri*, *Nardia scalaris*, *Campylopus flexuosus*, *Polytrichum juniperinum* e *Pogonatum* sp., 26.IV.1969, M.T. Almeida e M. Leitao 478 (COI).



Fig. 2. — Carte de la distribution des localités de *Mielichhoferia pontevedrensis* : 1: Pontevedra; 2: Ferreira do Zêzere; 3: Manteigas; 4: Vale da Amoreira.

BIBLIOGRAPHIE

AUGIER J., 1966 — Flore des Bryophytes. Paris.

LUISIER A., 1927 — Fragments de Bryologie ibérique. 17. Une *Mielichhoferia* de la région littorale. *Broteria* Ser. Bot. 23: 126-128.

LUISIER A., 1943 — Generos exoticos representados na Flora Briologica da Peninsula Iberica. IV Congresso Luso-Espanhol para o Progresso das Ciências, 4° Secçao: 337. Porto.

NYHOLM E., 1958 — Illustrated Moss Flora of Fennoscandia. 3. Lund.

PODPERA J., 1954 — Conspectus Muscorum Europeorum. Praha.

VAN DER WIJK R., MARGADANT W.D. and FLORSCHUETZ P.A., 1959-1969 — Index Muscorum. 1-5. Utrecht.

INFORMATIONS

Nous avons le grand regret d'annoncer le décès du Professeur Roger HEIM, membre de l'Institut, mycologue de renommée internationale, survenu le 17 septembre 1979 à l'âge de 79 ans. Il fut directeur du Laboratoire de Cryptogamie de 1945 à 1973.

Le professeur Maurice BIZOT, Doyen honoraire de la Faculté des Sciences pharmaceutiques et biologiques, de l'Université de Dijon, est décédé le 19 novembre 1979 à l'âge de 74 ans. Une notice biographique et bibliographique paraîtra prochainement; son herbier est déposé à PC.

Publication début 1980 de SJOEDIN A. - The catalogue of published distribution maps of bryophytes. *Växtekologiska Studier*, 11; 288 p. Prix : 40 couronnes suédoises. S'adresser à Svenska Växtgeografiska Sällskapet, Box 559, S-751 22 UPPSALA, Suède.

Erratum : Bibliographie bryologique, t. 45, fasc. 4, p. 491, lire MARKHAM K.R., ZINSMEISTER H.D. and MUES R. au lieu de PARKHAM K.R. et al.

BIBLIOGRAPHIE BRYOLOGIQUE

D. LAMY *

SYSTÉMATIQUE, NOMENCLATURE

BRUGGEMAN-NANNENGA M.A. – The Section *Pachylomidium* (Genus *Fissidens*). II. The Species of Central America, Temperate South America (including the High Andes), Australia, New Zealand and New Guinea. *Proc. Konink. Ned. Akad. Wetensch., Ser. C, Biol. Med. Sci.* 1979, 82, 1 : 11-27, 6 fig. (Inst. Syst. Pl., Transitorium II, Uithof, Utrecht 2506, Netherlands).

Descr., ill., distr., clé pour *F. oediloma* C. Müll. ex Broth. subsp. *steyermarkii* (Bartr. in Grout) nov. stat. (= *F. stey.*), *F. rigidulus* subsp. *rigidulus* Hook. f. et Wils., *F. r.* subsp. *masatierrensis* nov. subsp. de Mas a Tierra (Iles Juan Fernandez), *F. r.* subsp. *novaguineensis* nov. subsp. de Nouv.-Guinée et de Guadalcanal, *F. dietrichiae* C. Müll. et *F. vanzanteni* nov. sp. de Nouv.-Guinée.

DEGUCHI H. – A revision of the genera *Grimmia*, *Schistidium* and *Coscinodon* (Musci) of Japan. *J. Sci. Hiroshima Univ., Ser. B, Div. 2 (Bot.)* 1978 (1979), 16, 2 : 121-256, 1 tabl., 61 fig. (Dept. Biology, Fac. Sci., Kochi Univ., 2-5-1 Akebono-cho, Kochi-shi, 780 Japan).

Descr. genres, relations entre eux. Clé, syn., descr., hab., distr., ill. pour les 15 esp. de *Grimmia*, 7 esp. de *Schistidium* et 1 esp. de *Coscinodon* présents au Japon. Comb. nouv. : *Grimmia brachydictyon* (Card.) (= *Racomitrium patens* (Hedw.) Hüb. var. *b.*), *Gr. percarinata* (Dix. et Sak.) Nog. ex Deg. (= *Didymodon p.*), *Schistidium liliputanum* (C. Müll.) (= *Gr. l.*), *S. subconfertum* (Broth.) (= *Gr. s.*). *Gr. cratericola* Sak. et Tak. est syn. de *Arctoa fulvella* (Dicks.) Bruch et Schimp. var. *anderssonii* (Wich.) Grout.

HATTORI S. and GRIFFIN III D. – A new species of *Frullania* from the Andes of Venezuela. *Misc. Bryol. Lichenol.* 1978, 8, 3 : 47-48, fig. (Hattori Bot. Lab., Nichinan-shi, Miyazaki-ken, 889-25 Japan).

Diagn., descr., ill. de *F.* (*Chonanthelia*) *holostipula* Hatt. et Griff. III sp. nov. du Venezuela aff. de *F. jelsinkii* Loitl.

INOUE H. – Studies on Taiwan Hepaticae, III. Subord. Herbertinae and Subord. Ptilidiinae. *Bull. Natl. Sci. Mus., Ser. B (Bot.)* 1978, 4, 3 : 93-103, 3 fig.

* Lab. Cryptogamie, 12 rue de Buffon, 75005 Paris.

(Div. Cryptog., Natl. Sci. Mus., Uneo Park, Tokyo, Japan).

Notes morphol., taxon., écol. et loc. pour *Blepharostoma trichophyllum* (L.) Dum., *Pseudolepicolea andoi* (Schust.) c. n. (= *Lophocaete a.*), *Temnoma setigerum* (Lindbg.) Schust., *Lepicolea yakushimensis* (Hatt.) Hatt., *Mastigophora diclados* (Brid.) Nees ex Schiffn., *M. woodsii* (Hook.) Nees (clé aux 2 *Mast.*), *Trichocolea lumbricoides* Horik., *T. pluma* (Reinw. et al.) Mont. et *T. tomentella* (Ehrh.) Dum. (clé aux 3 *Trichoc.*). Noter clé à *Pseudolepicolea trollii* (Herz.) Grolle et Ando et *P. andoi*.

INOUE H. – Memoir of *Dendroceros tubercularis* Hatt., an Endemic Hornwort in the Bonin Islands. *Mem. Natl. Sci. Mus. Tokyo* 1978, 11 : 31-36, 2 fig. (Dept. Bot., Natl. Sci. Mus., Tokyo, Japan).

Descr. détaillée de *D. tubercularis* Hatt., qui doit être considéré comme synonyme de *D. japonicus* St.

MIZUTANI M. – Lejeuneaceae from Ishigaki and Iriomote Islands of Ryukyu Archipelago. *J. Hattori Bot. Lab.* 1978, 44 : 121-136, 1 carte, 7 fig. (Hattori Bot. Lab., Nichinan-shi, Miyazaki-ken, 889-25 Japan).

Liste avec loc., notes morphol. et taxon. de 51 esp. réparties en 15 genres; cert. sont nouv. pour l'Archipel de Ryukyu. Diagn., descr. de *Stictolejeunea iwatsukii* de l'île de Iriomote. Noter syn. de *Pycnolejeunea badia* St. (dont *P. pellucida* (Horik.) Amak.), et de *P. bidentula* St.

NOGUCHI A. – Miscellaneous notes on mosses (5). *Misc. Bryol. Lichenol.* 1978, 8, 3 : 58-60, fig. 11-13 (Hattori Bot. Lab., Nichinan-shi, Miyazaki-ken, 889-25 Japan).

Sciaromiopsis brevifolia Broth. et *S. nipponensis* Sak. sont respectivement syn. de *S. sinensis* (Broth.) Broth. et de *Brachythecium populeum* var. *quelpaertense* (Card.) Tak. *Pylaisia subcircinata* fo. *breviseta* Toy., *Pylaisiella s.* fo. *breviseta* (Toy.) Iwats. et Nog., *Haplodon noguchii* Sak. et *Habrodon noguchii* Sak. sont syn. de *Pylaisiella subcircinata* (Card.) Iwats. et Nog. *Rhynchostegiella kiusiuensis* Dix. et Thér. est syn. de *Helicodontium doii* (Sak.) Taoda.

OCHI H. – Changes in Nomenclature and Synonyms in the Mexican Species of Bryaceous Mosses. *J. Fac. Educ. Tottori Univ. Nat. Sci.* 1978, 28, 2 : 81-86 (Biol. Inst., Fac. Educ., Tottori Univ., Koyama-cho, Tottori, 680 Japan).

10 esp. de *Brachymenium*, 18 esp. de *Bryum* avec nouv. synonymes et notes taxonomiques. Noter *Bryum plicatum* (Card.) Ochi comb. nov. (= *Anomobryum p.*) et une liste des nouv. syn. pour *B. billardieri* Schwaegr.

OCHYRA R., SZMAJDA P. – An annoted list of Polish mosses. *Fragm. Florist. Geobot.* 1978, 23, 1 : 93-145 (Bot. Inst., Polish Acad. Sci., ul. Lubicz 46, 31-512 Krakow, Poland).

Conspectus taxonomique. Liste alphab. de 652 esp. et 133 var. réparties en 178 genres. Liste des synonymes et des noms exclus. Comb. nouv. : *Bryum*

stenotrichum var. *anomalum* (Ruthe) (= *B. a.*), *B. st.* var. *fissum* (Ruthe) (= *B. f.*), *Pohlia camptotrachela* (Ren. et Card.) Broth. var. *decipiens* (Loeske) (= *P. annotina* var. *dec.*), et *Schistidium pulvinatum* var. *carpaticum* (Zmuda) (= *Sch. sphaericum* var. *carp.*).

SOLARI S.S. – Las Radulaceae antipatagonicas de Argentina y Chile. *Revista Mus. Argent. Ci. Nat. «Bernardino Rivadavia», Bot.* 1978, 5, 8 : 177-203, 10 fig. (Div. Criptogam. Mus. Argent. Ci. Nat. «Bernardino Rivadavia», Buenos-Aires, Argentina).

Descr., taxonomie du genre *Radula*. Descr., taxon., clé et distr. des 10 esp. de *Radula* d'Argentine (prov. Neuquen, Tierra del Fuego) et du Chili (prov. Coquimbo, Magellanes) : *R. helix* (Tayl.) G.L.N., *R. fernandezana* St., *R. decora* Gott. ex St. (nouv. syn. : *R. corralensis* St. nom. herb.), *R. flavifolia* (Tayl.) Tayl. ex G.L.N., *R. subsquarrosa* S. Arnell., *R. striata* Mitt. ex St., *R. diversifolia* St., *R. hastata* St., *R. punctata* St. et *R. microloba* Gott.

TOUW A. – The mosses reported from Borneo. *J. Hattori Bot. Lab.* 1978, 44 : 147-176, 2 fig. (Rijksherbarium, Schelpenkade 6, Leiden, Netherlands).

Liste systématique avec loc. de 607 esp., 42 sous-esp. et var. récoltées à Bornéo. Proposition de 10 comb. nouv. : *Achrophyllum javense* (Froehl.) Iwats., Tan et Touw (= *Pterygophyllum j.*), *Calyptrochaeta enervis* (Nog. et Iwats.) Touw (= *Eriopus e.*), *C. flaccida* (Broth.) Iwats., Tan et Touw. (= *E. f.*), *C. parviretis* (Fleisch.) Iwats., Tan et Touw (= *E. p.*), *C. remotifolia* (C. Müll.) Iwats., Tan et Touw (= *E. r.*), *C. rotundifolia* (Nog. et Iwats.) Touw (= *E. ro.*), *Dicranodontium fleischerianum* var. *longisetum* (Broth.) Touw (= *D. nitidum* var. *l.*), *Rhodobryum huillense* (Welw. et Duby) Touw (= *Bryum h.*), *Warburgiella leptocarpa* var. *altepapillosa* (Dix.) Touw (= *Trichosteleum l.* var. *a.*), *Wijkia scabrifolia* (Broth.) Touw (= *Acanthocladium s.*).

UDAR R. and NATH V. - A new species of *Jubula* Dum. from India. *Misc. Bryol. Lichenol.* 1978, 8, 3 : 49-52, 2 fig. (Dept. Bot., Univ. Lucknow, Lucknow, India).

Diagn., descr., ill. de *Jubula hattorii* sp. nov. de Tiger Hill, E Himalayas, aff. de *J. hutchinsiae* subsp. *javanica* (St.) Verd.

MORPHOLOGIE, ANATOMIE

BERTHIER J. - Contrôle de la multiplication végétative des mousses par le milieu et les corrélations interorganiques : exemple des Bryales (*Bryum flaccidum, Tetraphis pellucida* et *Pohlia muyldermanni*). Soc. Bot. Fr., Coll. Multipl. Végétative 1977 (1979) : 153-156 (Univ. Clermont-Ferrand, Lab. Morphogenèse végét., 63000 Clermont-Ferrand, France).

L'A. conclut : multiplication et reproduction asexuée apparaissent chez les

premiers Archégoniates comme un continuum en voie de morcellement sous l'influence du milieu.

EGUNYOMI A. – Comparative culture studies on the spores and gemmae of *Octoblepharum albidum* Hedw. *J. Hattori Bot. Lab.* 1978, 44 : 25-30, 4 tabl., 1 fig. (Dept. Bot., Univ. Ibadan, Ibadan, Nigeria).

Influence du temps de stockage avant la mise en culture et de l'intensité lumineuse sur la germination des spores et gemmules. Croissance comparée des protonémas.

HARVEY M.J. and MAASS W.S.G. – Studies on the taxonomy and distribution of *Sphagnum* VIII. The fruiting of *Sphagnum pylaesii* in Nova Scotia and its chromosome number. *Proc. Nova Scotia Inst. Science* 1978, 28, 3/4 : 161-162, 1 fig.

INOUE H. and ONO S. – Rhizoids of *Fossombronia cristula* Aust. (Hepaticae). *J. Jap. Bot.* 1978, 53, 8 : 252-253, 2 fig., en japonais, rés. angl. (Div. Cryptog., Natl. Sci. Mus., Uneo Park, Tokyo, Japan).

Observations de rhizoïdes parfois irrégulièrement tuberculés.

KAWAI I. – Systematic studies on the conducting tissue of the gametophyte in Musci. (8). On the essential coordination among the anatomical characteristics of the stems in some species of Amblystegiaceae. *Sci. Rep. Kanazawa Univ., Biol.* 1978, 23, 2 : 93-117, 15 pl. (Biol. Inst., Fac. Sci., Kanazawa Univ., Marunouchi 1-1, Kanazawa, 920 Japan).

Les caractères anatomiques de la tige des Amblystegiaceae sont regroupés en 4 types. 9 esp. sont étudiées; révision des 54 esp. vues par Kanda.

MIZUTANI M. – Notes on Japanese *Pellia*. *Misc. Bryol. Lichenol.* 1978, 8, 3 : 55-57, 2 tabl., en japonais (Hattori Bot. Lab., Nichinan-shi, Miyazaki-ken, 889-25 Japan).

TOMIOKA K. – Systematic studies regarding the order of cell division in Jungermanniales I. The mode of cell division in the gametophyte of *Jungermannia*. *Sci. Rep. Kanazawa Univ., Biol.* 1978, 23, 2 : 77-91, 9 fig., 7 tabl. (Atsuta Highschool, Sennen, Atsuta-Ku, Nagoya, Japan).

Étude de la division cellulaire du gamétophyte de *J. tsukushiensis* (Amk.) Amk. Les modes de division cellulaire de l'apex de la tige des Jungermanniales sont classées en 6 types.

ZANTEN B.O. van – Experimental studies on trans-oceanic long-range dispersal of moss spores in the Southern Hemisphere. *J. Hattori Bot. Lab.* 1978, 44 : 455-482, 9 tabl., 8 graphes (Biol. Centr., Dpt. Syst. Bot., Haren (GRO), Netherlands).

Germination des spores de mousses de Nouv.-Zélande et de l'hémisphère nord pour étudier leur résistance à la dessication et au froid sec ou humide.

Relations avec la distr. géogr. Spectre de germination des esp. et leurs chances de grande dispersion. Hypothèse et prédictions. Dispersion transéquatoriale.

PHYSIOLOGIE, CHIMIE

ARO E.M. and KARUNEN P. – Effect of changed environmental conditions on glycolipids of the Mosses *Pleurozium schreberi* and *Ceratodon purpureus*. *Physiol. Pl. (Copenhagen)* 1979, 45, 2 : 201-206, 5 tabl. (Dept. Bot., Univ. Turku, SF-20500 Turku 50, Finland).

Noter la diminution du total des acides gras dans les fractions mono- et diglycosyl diglycérides.

ARO E.M. and VALANNA N. – Effect of continuous light on CO_2 fixation and chloroplast structure of the mosses *Pleurozium schreberi* and *Ceratodon purpureus*. *Physiol. Pl. (Copenhagen)* 1979, 45, 4 : 460-466, 6 tabl., 9 fig. (Dept. Bot., Univ. Turku, SF-20500 Turku 50, Finland).

L'activité photosynthétique, l'activité RUBP-carboxylase et le contenu en chlorophylle sont plus bas en lumière continue qu'en lumière rythmée. En même temps il y a une destruction partielle des stroma thylakoïdes et un accroissement de la taille des grana. Comparaison avec les premières phases de sénescence des plantes supérieures.

KARUNEN P. and ARO E.M. – Fatty acid composition of polar lipids in *Ceratodon purpureus* and *Pleurozium schreberi*. *Physiol. Pl. (Copenhagen)* 1979, 45, 2 : 265-269, 2 tabl. (Dept. Bot., Univ. Turku, SF-20500 Turku 50, Finland).

Les chaînes non saturées en C_{20} sont en nombre plus important dans les fractions mono- et diglycosyl diglycérides et les lipides polarisés, chez *P. s.* que chez *C. p.*

KRUPA J. – Photosynthesis rate in moss leaves of various anatomical structure. *Acta Soc. Bot. Poloniae* 1978 (1979), 47, 4 : 391-402, 6 fig. (Dept. Pl. Physiol., Higher Pedagogical School, Cracow, Poland).

Relations entre la structure anatom. des feuilles, le contenu en chlorophylle et l'activité photosynthèse. Relations entre la surface de la feuille et le degré de différenciation de la struct. anatom.

MARKHAM K.R. and PORTER L.J. – Flavonoids of the primitive liverwort *Takakia* and their taxonomic and phylogenetic significance. *Phytochemistry* 1979, 18, 4 : 611-615, 1 fig. (Chemistr. Div., Dept. Sci. Industr. Res., Petone, New Zealand).

T. lepidozioides : grande variété de flavones C et O-glycosides. Nouv. flavonoïdes : 8-O-glucuronide et 8-O-xylosylglucoside de takakine, lutéoline 6-C-arabinoside-8-C-pentoside, kampférol 3-O-glucoside-7-O-xyloside, et nombr. tricéti-

ne C-glucosides. Les 4 premiers nouveaux constituants sont aussi dominants chez *T. ceratophylla*. Ces données ne confirment pas les relations avec les Calobryales, mais placent *Takakia* dans une branche isolée.

SZEWCZYK E. - Studies in the production of biomass in *Pellia borealis* I. Characteristics of the material. *Acta Biol. Cracov., Ser. Bot.* 1978, 21, 1 : 75-83, 2 tabl., 3 fig.

Structure anatomique et cytologique du thalle : contenu en chlorophylle a et b, carotenoïdes (α- et β-carotène, β-cryptoxanthine, lutéine, violaxanthine et néoxanthine), point de compensation pour la photosynthèse et point de saturation.

RÉPARTITION, ÉCOLOGIE, SOCIOLOGIE

BREUER H. – Zwei neue Fundorte von *Bryum bornholmense* Winkelm. et Ruthe. *Decheniana* 1979, 132 : 10, 1 tabl. (5308 Rheinbach, Münstereifelerstr. 17, BRD).

2 nouv. loc. de *B. b.* en Allemagne. Comparaison avec *Bryum rubens*.

BREUER H. – *Orthodontium lineare* Schwaegr. (Musci) im Rheinbacher Wald. *Decheniana* 1979, 132 : 11-13, 1 tabl., 1 fig. (5308 Rheinbach, Münstereifelerstr. 17, BRD).

Descr. de la loc., esp. compagnes, caract. morphol. de *O. l.*

DEMARET F. et WILCZEK R. – *Bryum barnesii* Wood, nouveau pour la République fédérale allemande. *Bull. Jard. Bot. Natl. Belgique* 1978, 48, 3/4 : 470-471 (Jard. Bot. Natl. Belg., B-1860 Meise, Belgique).

DOLL R. – Drei bemerkenswerte Moorgebiete aus dem Kreis Neustrelitz. *Gleditschia* 1978, 6 : 264-275, 3 cartes, 3 tabl. (202 Altentreptow, Strasse der Zukunft 4b, DDR).

Descr. de 3 remarquables tourbières de différents degrés de trophie, étudiées à Neustrelitz.

DUDA J., VANA J. – Die Verbreitung der Lebermoose in der Tschechoslowakei - XXIV. *Cas. Slez. Mus., Ser. A, Hist. Nat.* 1978, 27, 2 : 97-112, cartes (Slez. Muz., Vitezneho u. 35, 746 46 Opava, Czechoslovakia).

Distr., liste des loc., carte de distr. en Tchécoslovaquie de *Harpanthus flotovianus* (Nees) Nees, *Marsupella sparsifolia* (Lindb.) Dum., *M. adusta* (Nees emend. Limpr.) Spruce, *M. commutata* (Limpr.) Bern., *Porella arboris-vitae* (With.) Grolle. Corrections pour *P. obtusata* (Tayl.) Trev. et *P. pinnata* L.

DUNK K. von der – Beobachtungen an epiphyllen Moosen. *Hoppea* 1978, 37 : 161-178, 2 tabl., 5 fig., 2 phot. (8521 Erlangen-Spardorf, Hohe Warte 3, BRD).

Composition, sociol., écol. de la phyllosphère des feuilles d'*Hymenophyllum*

en Irlande et au Luxembourg, et des rameaux de *Thamnium alopecurum* en Bavière du nord. La formation et l'accumulation de rhizoïdes sont considérées comme une adaptation écologique. Bon développement du périanthe chez les hépatiques. Pas de parasitisme observé.

FRAHM J.P. - Zur Moosflora der Sahara. *Nova Hedwigia* 1978, 30 : 527-548, 1 carte, 3 tabl. (Gesamthochschule Duisburg, Fachbereich VI, Biol., Lotharstr. 65, D-4100 Duisburg, BRD).

12 hépatiques et mousses récoltées dans la partie algérienne du Sahara, avec loc. Liste des hépatiques et mousses récoltées auparavant au Sahara.

FRAHM J.P. - Uebersicht der *Campylopus*-Arten der Anden. *J. Hattori Bot. Lab.* 1978, 44 : 483-524, 31 pl. (Gesamthochschule Duisburg, Fachbereich VI, Biol., Lotharstr. 65, D-4100 Duisburg, BRD).

Clé et ill. de 97 esp. récoltées en Bolivie, au Pérou, en Équateur, en Colombie et au Venezuela. Liste avec syn. et loc. Noter 6 syn. nouv. et 8 esp. exclues. *Campylopus cuspidatus* (Hornsch.) Mitt. et *C. tallulensis* Sull. ex Lesq. sont nouv. pour la région. Noter *Atractylocarpus strictulus* (C. Müll.) comb. nov. (= *Dicranum strictulum*).

GUERY R. et LEROND M. – Végétation de la mare Catelière en forêt du Trait. *Actes Mus. Rouen* 1978, 3 : 18-25, 2 fig., tabl. (Rue du Couvent, 76190 Auzebosc-Yvetot, France).

Floristique et phytosociologie de la mare Catelière. Articulation de cette végétation autour d'une petite tourbière à Sphaignes, appartenant à l'alliance du *Sphagnion europaeum*.

HATTORI S. – A small collection of *Frullania* species made on Auckland Island group. *Misc. Bryol. Lichenol.* 1978, 8, 3 : 45-46 (Hattori Bot. Lab., Nichinan-shi, Miyazaki-ken, 889-25 Japan).

Liste de 6 esp. avec loc. et notes taxonomiques.

HÉBRARD J.P. – Contribution à la végétation muscinale de quelques formations du maquis corse; les Cistaies sèches et les peuplements à *Halimium halimifolium*. *Écol. médit.* 1977 (1978), 3 : 133-150, 6 tabl., 2 fig. (Univ. Provence, Centre St Jérôme, Lab. Bot., 13013 Marseille, France).

Définition de 5 variantes dans des Cistaies xériques à *Cistus monspeliensis* dominant : cistaies récemment incendiées à *Bryum bicolor* et *Funaria hygrometrica*, variantes à *Pleuridium subulatum*, à *Rhynchostegium megapolitanum*, à *Weisia viridula* et à *Scleropodon touretii*. Peuplements littoraux à *Halimium halimifolium*.

HÉBRARD J.P. – Contribution à l'étude de la végétation muscinale des rochers secs siliceux en haute montagne corse. *Bull. Soc. Sci. Hist. Nat. Corse* 1978, 98, 2-3 : 69-91, 6 tabl., 1 fig., tabl. A-I (Univ. Provence, Centre St Jérôme, Lab. Bot., 13013 Marseille, France).

Entre 1400 et 2600 m, sur rochers siliceux, recouvrement muscinal faible.

L'alliance *Rhacomitrion heterostichi* est caractérisée par *Rh. heterostichum* et *Bartramia ithyphylla*. Cette alliance comporte de nombreuses variantes alticoles.

IWATSUKI Z. and NOGUCHI A. – Mosses of the Philippines collected by Dr. Mason E. Hale in 1964. *J. Hattori Bot. Lab.* 1978, 44 : 195-200, fig. (Hattori Bot. Lab., Nichinan-shi, Miyazaki-ken, 889-25 Japan).

Liste avec loc. de 82 taxa dont 5 sont nouv. pour les Philippines.

IWATSUKI Z. – Bryological Miscellanies XXV. *J. Hattori Bot. Lab.* 1978, 44 : 555-561, 3 fig. (Hattori Bot. Lab., Nichinan-shi, Miyazaki-ken, 889-25 Japan).

17 esp. de mousses récoltées dans l'Archipel de Ryukyu. Cert. sont nouv. pour l'Archipel. Loc., notes taxon. ou morphol. Noter *Haplomitrium japonicum* Card., *H. papillosum* Card. et Thér. et *H. ferriei* Card. et Thér. sont syn. de *H. densifolium* (Wils.) Wijk et Marg.

KRISCH H. – Ein Zwischenmoor bei Züssow mit *Scheuchzeria palustris*. *Gleditschia* 1978, 6 : 187-191, 1 tabl., 1 carte (22 Greifswald, Maxim-Gorki Strasse 4a, DDR).

Descr. des communautés : le *Sphagno-utricularion*, le *Caricetum limosae* (avec *Scheuc. pal.*), l'*Eriophoro-Sphagnetum recurvi* et le *Sphagno-Comaro-Salicetum auritae* des tourbières près de Züssow (Mecklenburg NE).

KUMAR S.S. – *Garckea phascoides* (Hook.) C. Müll. – A new record for the western Himalayas. *Misc. Bryol. Lichenol.* 1978, 8, 3 : 53-55, 19 fig. (Dept. Bot., Univ. Penjab, Chandigarh 14, India).

Descr., ill. de *Garckea phascoides* récolté à Uttar Pradesh (Mussoorie, 1200 m).

LECOINTE A. et PIERROT R.B. – Cortèges et listes des bryophytes observées pendant la cinquième session extraordinaire de la Société botanique du Centre-Ouest dans la région de Saint-Junien, Rochechouart (Haute-Vienne) et Confolens (Charente). *Bull. Soc. bot. Centre-Ouest*, n.s., 1978, 9 : 100-119, 2 fig. (Inst. Bot., 39 rue Desmoueux, 14000 Caen, France).

Liste des loc. avec esp. rencontrées. 236 taxa cités. *Frullania fragilifolia*, *Microlejeunea ulicina*, *Sphagnum flexuosum*, *S. squarrosum*, *S. turgidulum* et *Abietinella abietina* sont nouv. pour la Charente. Notes phytogéogr.

MIHAI Gh. – Cercetari Asupra vegetatiei muscinale higrofile din Masivul Paduros Birnova-Repedea, Iasia. *Stud. Comun.* 1976-1977 (1978), 9-10 : 127-130, 3 tabl., en roumain, rés. anglais (Univ. «Al.I. Cuza», Iasi, Roumanie).

Descr. de l'*Eurhynchietum swartzii* Waldheim 1944, du *Fissidentetum taxifolii* Heinemann et Vanden Berghen 1946 et de la bryocénose à *Mnium undulatum* et *M. longirostre*.

MIHAI Gh., BARABAS V. – Contributia la cunoasterea Briofitelor din Muntii Nemirei. *Stud. Comun.* 1976-1977 (1978), 9-10 : 113-125, en roumain, rés. français (Univ. «Al.I.Cuza», Iasi, Roumanie).

Liste de 148 taxa avec loc. *Cephaloziella divaricata* (Sm.) Schiffn. et *Cephalozia catenulata* (Hüb.) Spr. nouv. pour la Moldavie.

NEUMAYR L. – Verbreitung und Oekologie von *Octodiceras fontanum* (La Pyl.) Lindb. in Bayern. *Hoppea* 1978, 37 : 179-240, 22 fig., 2 tabl. (84 Regensburg, Ebertstr. 1 d, BRD).

Étude très détaillée de la distr. et de l'écol. de *O. f.* en Europe et surtout en Bavière (liste des loc.), ainsi que de l'*Octodiceratetum juliani* (Koch 1936) v. Krusenstjerna 1945.

ORLANDO A. & RAIMONDO F.M. – Briofite dell'Erbario Siculo dell'Orto Botanico di Palermo. *Naturalista Sicil.*, sér. 4, 1977 (1978), 1, 1-4 : 47-58, 1 fig. (Ist. Orto Bot. Univ., Via Archirafi 38, 90123 Palermo, Italia).

14 hépatiques et 92 mousses réparties en 46 genres et 24 familles avec loc. Récoltes de Tineo, Todaro, Bivona, Lojacono, Nyman.

PIERROT R.B. – Contribution à l'étude des espèces françaises du genre *Orthotrichum* Hedw. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest* n. s. 1978, 9 : 167-183 (Les Andryales, 17 Dolus d'Oléron, France).

Clés aux sous-genres, sections, sous-sect. et esp. des *Orthotrichum* en France. 25 esp. réparties en 3 sous-genres. Remarques sur les esp. de la sect. *Microthelia* Vent.

RAIMONDO F.M. e DIA M.G. – Note biogeografiche : I. Il genere *Sphagnum* L. in Sicilia. *Naturalista Sicil.*, sér. 4, 1978, 2, 3-4 : 109-126, 6 fig. (Ist. Orto Bot. Univ., Via Archirafi 38, 90123 Palermo, Italia).

Descr. de la végétation de stations des Monts Madonie (centre N de la Sicile). Liste systém. des 6 esp. représentées avec écol., hab., distr. Phytocénose. *S. obesum* (Wils.) Warnst., *S. rufescens* (Nees et Hornsch.) Warnst. et *S. auriculatum* Schimp. sont nouv. pour la Sicile.

SERGIO C. – *Lejeunea ecklonia*na Lindenb. (Hépatique) dans la Macaronésie. *Bol. Soc. Portug. Ci. Nat.* 1978, 18 : 39-41, 2 fig. (Inst. Bot. Fac. Sci., Lisboa, Portugal).

Descr., distr. à Madère et aux Açores de *Lej. eckloniana*.

SERGIO C. – *Tortula guepinii* (B.S.G.) Limpr. dans la flore portugaise et son intérêt phytogéographique. *Bol. Soc. Brot.*, 2° ser., 1978, 52 : 249-255, 2 fig. (Inst. Bot., Fac. Sci., Lisboa, Portugal).

Tortula guepinii est nouveau pour le Portugal.

SMITH D.K. – *Takakia ceratophylla* (Mitt.) Grolle from Adak Island, Aleutian Islands, Alaska. *J. Hattori Bot. Lab.* 1978, 44 : 17-23, 4 fig. (Dept. Bot., Univ. Tennessee, Knoxville, Tenn. 37916, USA).

Morphol., comparaison avec *T. lepidozioides* Hatt. et Inoue, loc.

STEFUREAC T.I. – Noi contributii la ecologia si corologia Sfagnaceelor din Romania. *Stud. Comun.* 1976-1977 (1978), 9-10 : 97-112, en roumain, rés. français (Univ. Bucuresti, Inst. Bot.).

Distr. géogr., écologie, esp. compagnes des 27 esp. et 13 var. de Sphaignes présentes en Roumanie.

VANDEN BERGHEN C. – Hépatiques du Shaba. Corrections et additions. *Bull. Jard. Bot. Natl. Belgique* 1978, 48, 3/4 : 367-372, 2 fig. (Lab. Palynologie, Univ. Louvain, B-3030 Heverlee).

Corrections de déterminations. 10 esp. sont à ajouter au catalogue précédent (Hépatiques et Anthocérotes, Expl. Hydrobiol. Bassin Lac Bangweolo et Luapula 8, 1 : 1-202, 1972). Noter *Plagiochasma eximium* (Schiffn. ex St.) St. nouv. pour le Shaba.

VATTIMO I. – Notas fitogeograficas III. – Localidades de ocorrência de Bryophyta musci no Brasil. *Rodriguesia* 1978, 30, 45 : 13-22 (Jardim Botanico, Rio de Janeiro, Brazil).

25 mousses et 34 sphaignes de l'herbier du Museo nacional (R) et du Jardim Bot. (RB) de Rio de Janeiro avec loc.

WILCZEK R. et DEMARET F. – Quelques espèces des «complexes *Bryum erythrocarpum* et *B. bicolor*» nouvelles pour certains districts phytogéographiques belges. *Dumortiera* 1978, 10 : 9-10 (Jard. Bot. Natl. Belg., B-1860 Meise, Belgique).

PALÉOBRYOLOGIE

JARZEN D.M. – Spore morphology of some Anthocerotaceae and the occurrence of *Phaeoceros* spores in the Cretaceous of North America. *Pollen et Spores* 1979, 21, 1-2 : 211-231, 6 pl. (Nat. Mus. Canada, Nat. Mus. Nat. Sci., Paleobiol. Div., Ottawa, Canada K1A OM8).

3 types de spores fossiles, provenant des dépôts maestrichtiens d'Amérique du Nord, sont comparés avec les spores du genre vivant *Phaeoceros*. Variations morphologiques de ces spores. Plusieurs esp. et genres fossiles décrits ne seraient qu'un seul taxon. Le Crétacé-Tertiaire serait le limbe de ces formes fossiles.

PILCHER J.R. and SMITH A.G. – Paleoecological investigations at Ballynagilly, ▪ Neolithic and Bronze Age Settlement in County Tyrone, Northern Ireland. *Philos. Trans., sér. B Biol. Sci.*, 1979, 286, 1013 : 345-369, 7 fig.

Stratigraphie, histoire de la végétation du milieu de la période postglaciaire. Analyse des tourbières et profils des sols. *Polytrichum* et *Sphagnum* cités.

SHARMA C. – Some new records of sub-fossil *Sphagnum* from Western Hima-

layas. *Paleobotanist* 1976 (1978), 25 : 461-465, 2 pl. (Birbal Sahni Inst. Paleobot., Lucknow 226007, India).

Descr. de *Sphagnum recurvum* P. Beauv., *S.* sp. (sect. *Sphagnum* (*Palustre* sensu Abramova)), *S.* sp. (sect. *Cuspidata*) et *S. teres* (Schimp.) Aongstr. des sédiments quaternaires des lacs Khajiar et Rewalsar en Himachal Pradesh. Les 3 premières esp. sont nouv. pour l'Himachal W et la 4e pour l'Himachal.

VAN CAMPO E. – Spores d'Hépatiques du Néogène Tunisien et Sédimentation Sporale. *Mém. Trav. EPHE, Inst. Montpellier* 1978, 8 : 1-32, 2 fig., 19 pl.

Les analyses sporopolliniques des flores néogènes du Nord-Est de la Tunisie (Miocène terminal de Nabeul, Pliocène du lac Ichkeul) ont mis en évidence une grande abondance de spores de Bryophytes, parmi lesquelles les Hépatiques sont dominantes : *Riccia, Anthoceros* ou cf. *Anthoceros, Notothylas, Phaeoceros* surtout, et aussi *Targionia, Reboulia, Fossombronia*. Description des spores (microsc. optique et microsc. à balayage). Réflexions sur le mode de sédimentation sporale; comparaison avec les Ptéridophytes au sujet desquels les études sont plus nombreuses. L'A. suggère que l'abondance des spores dans un sédiment serait liée à l'importance de la circulation d'eau, sinon permanente du moins saisonnière, sur le continent.

BIBLIOGRAPHIE LICHÉNOLOGIQUE

D. LAMY

SYSTÉMATIQUE, NOMENCLATURE

AWASTHI D.D. and JOSHI M. The lichen genera *Helminthocarpon, Cyclographa* and *Cyclographina* (gen. nov.). *Norweg. J. Bot.* 1979, 26, 3 : 165-177, 48 fig. (Dept. Bot., Lucknow Univ., Lucknow, India).

Typification du genre *Helminthocarpon* Fée. Descr., taxon. de *H. leprevostii* Fée et *H. ernstiana* Müll. Arg. *H. citri* Vain. in hb, *H. cubanum* Vain. in hb., *H. holstii* Müll. Arg., *H. icmadophiloides* (Stein) Zahlbr., *H. pervarians* var. *macgregorii* Vain., *H. pervarians* (Nyl.) Vain., *H. platyleucum* (Nyl.) Müll. Arg., *H. pruinosum* (Eschw.) Müll. Arg. et *H. lojkanum* Müll. Arg. sont transférés dans le nouveau genre *Cyclographina* Awas. (type : *C. pruinosa* (Eschw.) Awas.). Relations entre *Cyclographa* et *Cyclographina*.

JUELICH W. -- A new lichenized *Athelia* from Florida. *Persoonia* 1978, 10, 1 : 149-151, 1 fig. (Rijksherbarium, Leiden).

Diagn., descr., ill. de *A. poeltii* sp. nov. Clé aux 4 esp. lichénisées d'*Athelia*.

KROG H. – On the identity of *Bryoria vrangiana*. *Norweg. J. Bot.* 1979, 26, 3 : 179-181 (Bot. Mus., Trondheimsveien 23 B, Oslo 5, Norway).

Le type de *Bryoria vrangiana* contient de l'ac. gyrophorique dans le thalle et de l'acide fumarprotocétrarique dans la soralie. Prés. de branches pseudocyphellées. Proposition de transférer la sect. *Bryoria* dans la sect. *Implexae* (Gyehn.) Brodo et Hawksw.

KUROKAWA S. – Noteworthy lichens collected in the Bonin Islands. *Mem. Natl. Sci. Mus. Tokyo* 1978, 11 : 27-30, pl. 2 (Dept. Bot., Nat. Sci. Mus., Tokyo).

Notes taxonom., morphol. et loc. pour *Parmelia cristifera* Tayl., *P. pacifica* sp. nov. et *Trypetheliopsis boninensis* Asch.

SWINSCOW T.D.V. and KROG H. – The lichen genera *Heppia* and *Peltula* in East Africa. *Norweg. J. Bot.* 1979, 26, 3 : 213-224, 10 fig. (24 Monmouth Street, Topsham, Exeter, England).

Clé aux 10 *Peltula* et 2 *Heppia* d'Afrique de l'Est. Descr., taxonom., spec. examinés, pour chaque esp. Diagn., descr., ill. de *P. santessonii* Swinsc. et Krog

sp. nov. *Heppia africa* Jatta, *Endocarpiscum congregatum* Nyl., *H. impressa* Vain., *H. lingulata* Vain., *Acarospora patellata* Bagl., et *H. umbilicata* Vain. sont transférés dans le genre *Peltula*. Noter nombreuses nouvelles synonymies.

MORPHOLOGIE, ANATOMIE

BLUM O.B., KOPACHEVSKAYA E.G. – Lichens of the genus *Coccocarpia* Pers. (Coccocarpiaceae) in the U.S.S.R. *Bot. Zhurn.* 1979, 64, 6 : 785-792, en russe, rés. angl., 1 fig.

Descr., taxonom., distr., écol. de *C. erythroxyli* (Spreng.) Swinsc. et Krog et de *C. cronica* (Tuck.) Vain. Il est fait mention du caractère relictuel des esp.

FOLLMANN G. – Vorarbeiten zu einer Monographie der Flechtenfamilie Roccellaceae Chev. III. Zur Identität von *Reinkella californica* Raes. und *Reinkella subcrustacea* Raes. *Nova Hedwigia* 1979, 31, 1/2 : 285-292 (Naturkundemuseum im Ottoneum, Kassel, BRD).

Morphol., chimie de *R. californica* et *R. subcrustacea*. *Hubbsia lumbricoides* W.A. Web. est syn. de *R. cal.*, *R. subcrust.* est syn. de *R. parishii* Hasse. Noter la présence d'acide schizopeltique chez *R. cal.*, d'ac. lecanorique chez *R. parishii*, d'ac. lecanorique et protocétrarique et d'érythrine chez *R. lirellina* Darb.

LOEFGREN O. and TIBELL L. - *Sphinctrina* in Europe. *Lichenologist* 1979, 11, 2 : 109-137, 16 fig. (Inst. Syst. Bot., Univ. Uppsala, P.O. Box 541, S-751 21 Uppsala, Sweden).

Révision du genre *Sphinctrina* en Europe; 5 esp. seulement sont reconnues : *S. anglica* Nyl., *S. leucopoda* Nyl., *S. porrectula* Nyl., *S. tubiformis* Massal., *S. turbinata* (Pers. ex Fr.) de Not. Toutes apparaissent principalement comme parasymbiontes ou parasites d'esp. de *Pertusaria*. Étude détaillée des spores. Noter nouv. synon., désignation de lectotypes et de 2 néotypes.

PHYSIOLOGIE, CHIMIE

BEWLEY J.D. – Physiological aspects of Desiccation tolerance. *Annual Rev. Pl. Physiol.* 1979, 30 : 195-238 (Dept. Biology, Univ. Calgary, Alberta, T2N 1NA Canada).

Révision de la littérature sur la tolérance à la dessication chez les Algues, Lichens, Champignons, Bryophytes, Ptéridophytes et Spermatophytes. Noter que chez les Lichens, la dessication induit un changement dans l'échange de CO_2 et l'activité nitrogénase.

BUCK G.W. and BROWN D.H. – The effect of Desiccation on Cation Location in Lichens. *Ann. Bot. (London)* 1979, 44, 3 : 265-277, 8 fig., 2 tabl. (Dept. Bot., Univ., Bristol BS8 1UG, England).

La dessication entraîne une perte significative de potassium et de magnésium intracellulaires chez cert. esp. de lichens, et cette perte peut être liée à la disponibilité en eau dans l'habitat naturel. L'humidification permet un retour à l'état originel.

COWAN D.A., GREEN T.G.A. and WILSON A.T. – Lichen metabolism. 1. The use of Tritium labelled water in studies of anhydrobiotic metabolism in *Ramalina celastri* and *Peltigera polydactyla*. *New Phytol.* 1979, 82, 2 : 489-503, 7 fig., 8 tabl.

Description de cette nouvelle technique radiochimique. Importance physiologique des processus de synthèse des aminoacides et des sucres.

CZECZUGA B. – Investigations on Carotenoids in Lichens I. The Presence of Carotenoids in Representatives of Certain Families. *Nova Hedwigia* 1979, 31, 1/2 : 337-347, 6 tabl. (Dept. General Biology, Medec. Acad., 15-230 Bialystok, Poland).

Chromatographie en colonne et en couche mince permettent de déterminer la composition en caroténoïdes de *Peltigera canina* et *P. rufescens, Cladonia coniocraea, C. minor* et *C. pyxidata, Pertusaria amara, Xanthoria candelaria, X. lobulata* et *X. parietina, Physcia aipolia, P. grisea* et *Anaptychia ciliaris.* Influence du lichen dans la synthèse de certains caroténoïdes.

CZECZUGA B. – Investigations on Carotenoids in Lichens. II. Members of the Usneaceae Family. *Nova Hedwigia* 1979, 31, 1/2 : 349-355, 3 tabl. (Dept. General Biology, Medec. Acad., 15-230 Bialystok, Poland).

Composition en caroténoïdes de *Cornicularia aculeata, Evernia prunastri, Ramalina farinacea, R. fraxinea, R. pollinaria, Usnea comosa, U. dasypoga, U. fulvoreagens, U. hirta* et *U. h.* ssp. *villosa.* Importance taxonomique. Rôle des Chlorophyceae.

HAELLBOM L., BERGMAN B. – Influence of certain Herbicides and a Forest Fertilizer on the Nitrogen Fixation by the Lichen *Peltigera praetextata*. *Oecologia* 1979, 40, 1 : 19-27, 3 fig., 2 tabl.

Les herbicides 2,4-D et krénite et le fertilisant affectent l'algue et diminuent l'activité nitrogénase, mais n'altèrent pas la fixation de l'azote. Le traitement à l'NH_4NO_3 perturbe la symbiose.

LARSON D.W. – Lichen water relations under drying conditions. *New Phytol.* 1979, 82, 3 : 713-631, 4 fig., 6 tabl., 1 pl.

Les esp. montrant une faible résistance à l'évaporation sont relativement insensibles à l'augmentation du flux, et inversement pour les plus résistantes. Contrôle morphologique de l'évaporation. Significations écologiques.

MARSH J.E. and NASH III T.H. – Lichens in Relation to Four Corners Power Plant in New Mexico. *Bryologist* 1979, 82, 1 : 20-28, 3 fig., 1 tabl.

Peu de relations évidentes entre la centrale et la présence de lichens (159 esp.). Sensibilité de cert. esp. au SO_2.

NIEBOER E., RICHARDSON D.H.S., LAVOIE P. and PADOVAN D. – The role of metal-ion binding in modifying the toxic effects of sulphur dioxide on the lichen *Umbilicaria muhlenbergii* I. Potassium efflux studies. *New Phytol.* 1979, 82, 3 : 621-632, 3 fig., 1 tabl.

Le flux de K^+ n'est pas affecté par les ions Ca^{2+}, Mg^{2+}, Sr^{2+} et Zn^{2+} mais est augmenté en présence de Cu^{2+} et Pb^{2+}. Les ions métalliques de la classe A ont tendance à protéger le lichen contre les dommages causés par le SO_2, ceux de la cl. B ont l'effet opposé.

RICHARDSON D.H.S., NIEBOER E., LAVOIE P. and PADOVAN D. – The role of metal-ion binding in modifying the toxic effects of sulphur dioxide on the lichen *Umbilicaria muhlenbergii*. II. ^{14}C-fixation studies. *New Phytol.* 1979, 82, 3 : 633-643, 1 tabl., 4 fig.

La fixation de ^{14}C n'est pas affectée de façon significative par les ions métalliques Sr^{2+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Ni^{2+} et Zn^{2+}, mais elle est réduite en présence de Cu^{2+}. Signification écologique de la capacité du Ca^{2+} à protéger les lichens contre les effets de la pollution atmosphérique.

SHERIDAN R.P. – Impact of Emissions from Coal-Fired Electricity Generating Facilities on N_2-Fixing Lichens. *Bryologist* 1979, 82, 1 : 54-58, 1 tabl., 2 fig.

Le SO_2, la fluorine, le plomb provenant de la centrale diminuent la fixation d'azote chez *Collema tenax* (Sw.) Ach. et *Lecidea* sp.

SUNDHOLM E.G. – Structures and syntheses of lichen xanthones. *Acta Univ. Upsal.* (Abstr. Upsal. Dissert. Fac. Sci.) 1979, 526 : 1-41, 3 tabl., 4 fig.

L'A. conclut qu'il est nécessaire de réviser les structures assignées aux xanthones des lichens chlorinatés. Données biosynthétiques.

TAKALA K., KAURANEN P. and FAGERSTEN R. – Fluorine content of terricolous lichens and bryophytes on exposed rapakivi bedrock. *Ann. Bot. Fennici* 1979, 16, 1 : 90-92, 2 fig.

Les bryophytes contiennent plus de fluorine que les lichens fruticuleux et foliacés. Le max. pour les L. a été observé chez *Peltigera polydactyla* (Neck.) Hoffm.

TYSIACZNY M.J. and KERSHAW K.A. – Physiological-environmental interactions in Lichens. VII. The environmental control of glucose movement from alga to fungus in *Peltigera canina* v. *praetextata* Hue. *New Phytol.* 1979, 83, 1 : 137-146, 6 fig., 1 pl. (Dept. Biol., McMaster Univ., Hamilton, Ontario, Canada L8S 4K1).

Méthode : mannitol marqué. Le pourcentage de mannitol est assez constant quelle que soit la température. Il y a interaction au niveau de l'hydratation du thalle.

VICENTE C. and CIFUENTES B. – Reversal by L-cysteine of the inactivation of urease by L-usnic acid. *Pl. Sci. Lett.* 1979, 15, 2 : 165-168, 1 tabl., 3 fig.

L'acide L-usnique inhibe l'uréase par l'induction de la formation d'agrégats de haut poids moléculaire. La L-cystéine inverse ce processus par la stimulation de polymères de haut poids moléculaire, inactifs en conditions normales.

RÉPARTITION, ÉCOLOGIE, SOCIOLOGIE

LARSON D.W. – Preliminary studies of the physiological ecology of *Umbilicaria* lichens. *Canad. J. Bot.* 1979, 57, 13 : 1398-1406, 2 tabl., 7 fig. (Dept. Bot. and Genetics, Univ. Guelph, Guelph, Ontario N1G 2W1, Canada).

L'A. démontre que les esp. d'*Umbilicaria* peuvent être un matériel adéquat pour les études expérimentales d'écologie physiologique, en utilisant la méthode d'échantillonnage discontinu et l'analyse gazeuse en infra-rouge.

STEVENS G.N. and ROGERS R.W. – The Macrolichen Flora from the Mangroves of Moreton Bay. *Proc. Roy. Soc. Queensland* 1979, 90 : 33-49, 1 pl., 1 carte (Dept. Bot., Univ. Queensland, Brisbane).

Descr. de la loc.; liste de 59 esp. réparties en 20 genres (lichens fruticuleux et foliacés) corticoles. Brève descr. de chaque esp. et clé.

WERNER R.G. – La flore lichénique de la Cordillère Betica-Rigaine. Étude phytogéographique et écologique. *Collectanea Botanica* 1979, 11, 17 : 409-471, 3 fig.

Étude phytogéogr. et écol. de la flore lichénique du Rif marocain (prolongation de la cordillère bétique) et affinités lichéniques entre ces deux chaînes. 3 esp. nouv. : *Lecidea* (*Biatora*) *brunneonigrescens*, *Lecanora* (*Aspicilia*) *tingitana*, et *Verrucaria mauretanica*. Les esp. sont citées par éléments phytogéogr. avec loc. et notes. Nouveautés pour le Maroc.

VARIA

HAWKSWORTH D.L. – The lichenicolous Hyphomycetes. *Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.) Bot.* 1979, 6, 3 : 183-300, 47 fig. (CMI, Ferry Lane, Kew, Surrey TW9 3AF, England).

Révision des Hyphomycètes lichénicoles (Fungi, Deuteromycotina) : 44 esp. en 23 genres, clé. Descr. et diagn. d'un genre et de 17 esp. nouv.; 1 nom. nov. et

4 comb. nov. Noter la descr. d'un nouv. genre d'ascomycètes. Il y a indépendance des lichens hôtes et des champignons; les hyphomycètes apparaissent fortuitement sur les lichens.

LLIMONA X. – Roger Guy Werner (1901-1977). *Collectanea Botanica* 1979, 11, 17 : 475-504, portr.

Biographie, bibliogr., taxa dédiés à Werner, taxa nouveaux décrits par Werner.

EXSICCATA

FOLLMANN G. – Schedae ad Lichenes Exsiccati selecti a Museo Historiae Naturalis Casselensis Editi - XIII Fasciculus. *Philippia* (Kassel) 1978, 3, 5 : 379-388.

Publication des N° 241-260. Noter l'isotype de *Lecanactis subdryophila* Follm. et Vezda et le topotype de *Lecanactis acicularis* Dodge.

FOLLMANN G. – Schedae ad Lichenes Exsiccati Selecti a Museo Historiae Naturalis Casselensis Editi - XIV Fasciculus. *Philippia* (Kassel) 1979, 4, 1 : 38-46.

N° 261-280 plus corrections des fasc. précédents.

MOE D. – Schedae to J.J. Havaas «Lichenes norvegiae occidentalis Exsiccati». Bergen : University of Bergen, 1978 : 1-58.

Reproduction des étiquettes des échantillons et index alphabétique des esp.

Commission paritaire 26-1-1976 N° 57365
Dépôt légal n° 10459 - Imprimerie de Montligeon
Sorti des presses le 15 mars 1980

Source : MNHN, Paris

SOMMAIRE